

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ MOULOUD MAMERI DE TIZI OUZOU
FACULTÉ GÉNIE ÉLECTRIQUE ET INFORMATIQUE
DÉPARTEMENT INFORMATIQUE

THÈSE MASTER

Spécialité : Systèmes informatiques

THÈME

Contrôle d'admission d'appels dans la 3G

Présenté par :

M^{elle} YACINE Soria

M^r SAIDI Yacine

Proposé et dirigé par :

M^{elle} CHAMEK Linda

Devant le jury d'examen composé de :

M^r DAOUI Président

M^r HAMMACHE Examineur

M^r DIB Examineur

Soutenu le : 29/06/2014

R e m e r c i e m e n t

Nous tenons à remercier en premier lieu Mademoiselle CHAMEK Linda ; notre promotrice de nous avoir encadré et orienté tout au long de ce projet.

Nos remerciements vont également à Monsieur M.DAOUI pour son aide précieuse ainsi que pour le temps qu'il nous a accordé.

Et nous terminons par exprimer notre gratitude et nos sincères remerciements à tous les membres du jury, qui nous honorent de juger ce modeste travail.

Résumé

Les réseaux de télécommunication cellulaires, sont sans aucun doute, ceux qui ont connu la plus grande évolution ces dernières années, l'explosion de ce marché, sa croissance soutenue et l'apparition de nouveaux services amènent les réseaux mobiles actuels à leur limite. Par conséquent plusieurs problèmes tels que le contrôle d'admission d'appels (CAC – Call Admission Control), l'allocation des ressources, la gestion de la localisation et le routage sont plus difficiles à résoudre dans les réseaux mobiles. Nous présenterons dans ce travail, l'utilité des différentes techniques du CAC (Contrôle d'admission d'appels), et nous tenterons d'élaborer une nouvelle technique qui se base sur la classification des groupes d'applications et l'aspect dynamique d'une file d'attente.

Nous commencerons par présenter d'une manière générale les réseaux cellulaires en citant leurs classification ainsi que les générations existantes jusqu'à maintenant avec leurs architectures respectives. Dans la deuxième partie nous nous pencherons sur la gestion des appels dans la 3G, et présenterons les différentes classes de services offertes par cette génération de la téléphonie mobile. Le troisième chapitre aura l'utilité de bien expliquer le processus du CAC (Contrôle d'admission d'appels), on parcourant ses différentes techniques connues jusqu'à ce jour. Enfin pour terminer nous exposerons la nouvelle approche que nous avons mise au point, qui pour tenter d'apporter une amélioration au contrôle d'admission classique utilise une file d'attente dynamique combiné au concept de priorité de groupe d'applications.

Mots Clés : Réseaux mobiles, Handover, CAC (Contrôle d'admission d'appels, 3G, UMTS, file d'attente dynamique, priorité de groupes d'applications.

Table des matières

Introduction générale.....	13
I. Les réseaux cellulaires.....	14
I.1 Introduction	15
I.2 Les réseaux mobiles	16
I.2.1 Présentation	16
I.2.2 La mobilité	16
I.2.3 Classification des réseaux sans fils	16
Classification des réseaux en fonction de la taille	16
Les WPAN (Wireless Personal Area Networks).....	16
Les WLAN (Wireless Local Area Networks)	16
Les WMAN (Wireless Metropolitan Area Networks).....	17
Les WWAN (Wireless Wide Area Networks)	17
Classification des réseaux suivant le mode opératoire.....	17
Le mode infrastructure.....	17
Le mode sans infrastructure (Ad hoc)	17
I.2.4 Architecture de réseau mobile à infrastructure.....	18
I.3 Concept cellulaire	19
I.3.1 Présentation	19
I.3.2 Une cellule	20
Différents type de cellule	20
Les globale cellules	20
Les Macro cellules.....	21
Les micro cellules.....	21
Les pico cellules	21
I.3.3 La réutilisation des fréquences	21
I.4 Communication dans un réseau cellulaire.....	22
I.4.1 Présentation	22
I.4.2 Processus de transfert intercellulaire	22
I.4.3 Importance du transfert intercellulaire	23
I.4.4 Caractéristiques	24
I.5 Les techniques d'accès radio	24
La technique FDMA	25
La technique TDMA.....	25

La technique CDMA.....	26
I.6 Evolution des réseaux mobiles	27
I.6.1 La première génération	27
Architecture des réseaux 1G.....	28
Caractéristiques	28
I.6.2 La deuxième génération	28
Le standard GSM.....	28
Architecture du réseau GSM	29
Le sous système radios	29
Le sous système réseau.....	29
Terminal mobile	30
Le standard GPRS	30
Architecture GPRS	30
Le SGSN.....	30
LE GGSN.....	30
Le standard EDGE.....	31
Les services offerts par la 2G.....	31
I.6.3 La troisième génération.....	32
Les standards connus de la 3G	32
UMTS	32
Equipement usager	32
Réseau d'accès	32
Réseau cœur	33
La technologie HSDPA.....	33
Les caractéristiques de la 3G.....	33
I.6.4 La quatrième génération.....	33
Tableau Récapitulatif	34
I.7 La qualité de service « Qos »	35
Pour les services interactifs en temps réel.....	35
Pour les services de données	35
Pour les services de type multimédia.....	35
Les aspects multipoints ou multi-cast	36
Impact sur les réseaux.....	36
Conclusion.....	37

II. Gestion des appels dans la 3G	38
II.1 Intrduction	39
II.2 Caractéristiques	40
II.3 Classes de services de l'UMTS	40
Classe A : Mode conversation	41
Classe B : Mode flux de données	41
Classe C : Mode interactifs	41
Classe D : Mode tâche de fond.....	42
Tableau récapitulatif des classes de services et leurs contraintes	43
II.4 Architecture de l'UMTS	44
Architecture du réseau cœur de l'UMTS	45
Domaine CS	46
Domaines PS.....	46
II.5 La mise sous tension	47
II.5.1 La sélection de PLMN	47
II.5.2 La recherche de cellules candidates	47
II.5.3 Inscription auprès du réseau.....	48
Inscription au domaine PS.....	48
II.5.4 Les protocoles utilisés	48
II.6 Etablissement d'un appel	49
Etablissement d'un appel PS	49
Etablissement d'un appel CS.....	49
II.7 La mise hors tension	50
II.8 La mobilité des réseaux cellulaire	51
II.8.1 Handover.....	51
II.8.1.1 Définition	51
II.8.1.2 Utilité du Handover	51
II.8.1.3 Types du Handover	52
Hard et soft Handover.....	52
Handover intra et inter système dans l'UMTS.....	53
II.8.1.4 le processus du Handover.....	55
La phase d'initiation du handover	55
La phase de décision	55
La phase d'exécution.....	55
II.8.2 La localisation (Roaming)	55
Conclusion.....	57

III. Contrôle d'admission d'appel	58
III.1 Introduction.....	59
III.2 Présentation.....	60
III.3 Les approches du contrôle d'admission.....	60
La nature du réseau.....	60
Le type de service	61
La localisation de prise de décision	61
La nature de l'algorithme d'admission d'appel.....	61
III.4 Les mécanismes du contrôle d'admission d'appel	61
Local-based CAC	62
Ressource-based CAC	62
Measurement-based CAC	63
III.5 Classification des algorithmes du CAC.....	64
Algorithmes sans priorité.....	64
ICAC (Interference-based CAC)	64
ACAC (Arrows CAC)	64
Algorithmes avec priorité.....	65
Sans réservation	65
Channel borrowing schemes.....	66
Call queuing schemes.....	66
Avec réservation.....	67
Systèmes de réservation statique.....	67
Systèmes de réservation dynamique	68
Régime local.....	68
Régime distribué.....	68
Classification des systèmes distribué.....	69
Approche implicite.....	70
Approche explicite	70
Le contrôle d'admission d'appel adaptatif Ad-CAC)	71
Conclusion.....	74

IV. Modélisation et simulation	75
IV.1 Introduction	76
IV.2 Objectif de notre approche.....	77
IV.3 Présentation de notre solution.....	77
IV.3.1 Principe de notre contrôle d'admission proposé.....	78
IV.3.2 La gestion de notre file d'attente	79
IV.3.3 Avantages de la solution proposés	80
IV.4. Modélisation et simulation	81
IV.4.1 Présentation du simulateur de mouvement.....	81
IV.4.2 Présentation du deuxième simulateur.....	85
IV.4.3 Simulation de notre solution.....	86
IV.4.3.1 Les procédures.....	86
IV.4.3.2 Les résultats de notre simulation	88
Conclusion.....	92
Conclusion générale	93
Bibliographie	94

Liste des figures

Figure I.1 : Classification des réseaux sans fil suivant leur taille	17
Figure I.2 : Architecture du réseau mobile	18
Figure I.3 : Différents modèles de cellules	20
Figure I.4 : Différents types de cellules	21
Figure I.5 : représente un motif (cluster) élémentaire (à gauche) et un ensemble de motifs dans un réseau (à droite)	22
Figure I.6 : Méthode d'accès Multiple « FDMA »	25
Figure I.7 : Méthode d'accès Multiple « TDMA »	26
Figure I.8 : Méthode d'accès Multiple « CDMA »	26
Figure I.9 : Paramètres standards de l'AMPS.....	27
Figure I.10 : Architecture d'un réseau GSM	29
Figure I.11 : Architecture d'un réseau GPRS.....	31
Figure I.12: Architecture d'un réseau UMTS.....	32
Figure II.1 : Les besoins en débit des services de l'UMTS	43
Figure II.2 : les composants de l'UMTS	44
Figure II.3 : Réseau cœur de l'UMTS.....	45
Figure II.4: Identité du PLMN.....	47
Figure II.5 : Le hard handover	52
Figure II.6 : Le soft handover	53
Figure II.7 : différents types du handover	54
Figure III.1 : processus d'admission d'appels	60
Figure III.2 : Entrées et sortie du FCAC	63
Figure III.3 : Traitement d'une requête par l'algorithme ACAC.....	65
Figure III.4 : canal bloqué	66
Figure III.5 : exemples du cluster	69
Figure III.6 : Algorithme de contrôle d'admission d'appels adaptatif (Ad_CAC)	72
Figure III.7 : Classification des Algorithmes CAC.....	73
Figure IV.1. Ensemble de cellules dans un réseau 3G	76

Figure IV.2 : Mise en file d'attente d'un appel.....	79
Figure IV.3 : décomposition des cellules	83
Figure IV.4 : Fonctionnement du simulateur de mouvement	84
Grphe IV.1 : Grphe comparatif entre le taux d'échec du CAC classique et du CAC proposé.....	88
Grphe IV.2 : Taux d'échec du CAC classique selon les priorités	89
Grphe IV.3 : Taux d'échec du CAC proposé selon les priorités	90
Grphe IV.4 : Taux de passage en file d'attente selon les priorités dans le CAC proposé.....	91

Liste des tableaux

Tableau I.1 : Tableau récapitulatif des quatre générations	34
Tableau II.1 : Tableau récapitulatif des classes de services	43
Tableau III.1 : comparaison entre les types de clusters.....	70
Tableau III.2: comparaison entre l'approche locale et distribuée du CAC	70
Tableau IV.1. Caractéristiques des groupes d'applications.....	78
Tableau IV.2 : matrice de transitions d'activités.....	81
Tableau IV.3 : la matrice des durées	82
Tableau IV.4 : probabilité d'appel	84
Tableau IV.5 : Ligne du fichier trace_event.....	85

Liste des acronymes

WPAN	Wireless Personal Area Networks
WLAN	Wireless Local Area Networks
WMAN	Wireless Metropolitan Area Networks
WWAN	Wireless Wide Area Networks
Wi-Fi	Wireless Fidelity
MSC	Mobile Switching Centre
HLR	Home Location Register
VLR	Visitor Location Register
FDMA	Frequency-Division Multiple Access
TDMA	Time-Division Multiple Access
CDMA	Code-Division Multiple Access
ETACS	Extended Total Access Communication System
TACS	Total Access Communication System
AMPS	Advanced Mobile Phone System
GSM	Global System for Mobile communications
BTS	stations de base
BSC	contrôleur de station de base
GPRS	General Packet Radio Service
SGSN	Serving GPRS Support Node
GGSN	Gateway GPRS Support Node
EDGE	Enhanced Data Rates for GSM Evolution
SMS	Short Message Service
MMS	Multimedia Message Service
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System
W-CDMA	Wideband Code Division Multiple Access

RNC	Radio Network Controller
RNS	Radio Network Subsystem
HSDPA	High-Speed Downlink Packet Access
QOS	Quality Of Service
AN	Access Network
CN	Core Network
SRAN	Satellite Radio Access Network
BRAN	Bradband Radio Access Network
PLMN	Public Land Mobile Network
MNC	Mobile Network Code
MCC	Mobile Country code
TMSI	Packet Temporary Mobile Subscriber Identity
MM	Mobiltiy Management
IAM	Initial Address Message
ACM	Address Complete Message
ANM	Answer Message
PDP	Packet Data Protocol
FCAC	Fuzzy Call admission Control
ICAC	Interference-based Call Admission Control
ACAC	Arrows Call Admission Control
GC	Guard channel schemes
DCAC	Distributed Call Admission control
Ad-CAC	Adaptative Call Admission Control
CS	Circuit Switched
PS	Packet Switched
AuC	Authentication Center
EIR	Equipment Identity Register

Introduction générale :

Les systèmes de télécommunication ont subi en l'espace de deux décennies des évolutions et bouleversements profonds. Dans le panorama de ces systèmes, les réseaux mobiles occupent, notamment depuis la fin des années 1980, une place chaque jour plus grande en termes de recherche, d'investissements, de revenus, d'abonnés, etc. Il est indéniable que l'association des services mobiles aux communications sans fil est l'une des plus importantes évolutions qu'ait observé le secteur des télécommunications depuis le début des années 1990.

Les systèmes de communications mobiles de troisième génération tendent à fournir à leurs utilisateurs des services variés tels que la traditionnelle communication orale, la visioconférence ou encore l'accès à internet à haut débit.

Cette multiplication des services a considérablement complexifié la gestion des ressources pour les opérateurs : chaque connexion possédant ses propres caractéristiques (taux de transfert minimal, délai,...), il est essentiel d'être en mesure de contrôler l'accès des utilisateurs au réseau afin de maintenir la qualité de service nécessaire au bon fonctionnement de toutes les communications en cours.

La première partie de cette étude survole les bases des réseaux téléphoniques mobiles et présente les différentes générations connues. Afin d'être en mesure de comprendre l'intérêt des porté à la 3^{ème} génération ; La seconde partie se penche sur la présentation de cette dernière et donne un aspect détaillé de structure et les différentes classes de services qu'elle offre aux abonnés. Diverses méthodes qui ont été employées pour optimiser le contrôle d'admission des appels et par la même occasion l'utilisation de ces réseaux sont développées en troisième partie. Les algorithmes de contrôle d'admission des connexions sont responsables de l'acceptation des requêtes envoyées par les utilisateurs, Nous axons notre étude sur l'utilisation d'un concept de priorité de groupe d'applications et l'utilisation d'une file d'attente dynamique dans les algorithmes de contrôle d'admission dans ces réseaux. Enfin, dans une quatrième et dernière partie, nous présenterons les résultats de la simulation de la solution proposée .

I.1. Introduction

En 1876, Graham Bell invente le téléphone fixe, premier moyen de communication moderne. Onze ans plus tard, le physicien allemand Heinrich Hertz découvre les ondes radio. La première transmission radio fut réalisée en 1896 par le physicien italien Guglielmo Marconi, et le premier service de radiotéléphone a vu le jour aux Etats-Unis au début des années 50. Malgré une percée assez timide dans les années 60, les réseaux mobiles connaissent actuellement un énorme succès. L'avantage de tels systèmes est la possibilité de communiquer de n'importe où, même en se déplaçant. Cependant, l'utilisation de la voie hertzienne pour le transport de l'information a donné naissance à des architectures de réseau assez différentes de celles des réseaux fixes. L'une des raisons de cela est que la communication, dans les réseaux mobiles, doit continuer sans interruption, même en cas de déplacement de l'émetteur ou du récepteur. L'autre raison, la limitation naturelle de la bande passante, l'instabilité de la qualité du lien radio ou encore la variation des points d'accès au réseau.

Les systèmes cellulaires, sont sans aucun doute, ceux qui ont connu la plus grande évolution ces dernières années. Ce chapitre se propose de présenter les réseaux cellulaires et quelques notions du concept cellulaire, la communication cellulaire, ainsi que les différentes générations connues.

I.2 Les réseaux mobiles :

I.2.1 Présentation :

Par définition, un réseau cellulaire est un système de télécommunication qui doit répondre aux contraintes de la mobilité de l'abonné dans le réseau, par l'étendue du réseau et par les ondes radio qui lui sont allouées.

Un système de réseau cellulaire couvre l'ensemble d'infrastructures spécialement destinées aux équipements d'acheminement de communication vers les mobiles et où les ondes radio, dans le cas d'un réseau cellulaire servant de lien entre le terminal de l'abonné et l'infrastructure de l'opérateur. [2]

Un réseau mobile est constitué de deux parties à transmission : sans fil (« radio ») et filaire (« fibre, câble,... »)

I.2.2 La mobilité :

Au niveau radio : mobilité à l'intérieur d'une cellule, autour de l'antenne émission-réception

Au niveau réseau : mobilité entre les cellules, sur toute la zone de couverture du réseau

∅ Notion de réseaux cellulaires, une cellule étant une zone couverte par une antenne

Quelques propriétés (contrairement aux réseaux fixes)

- Spectre et débit limités ;
- Organisation en cellules ;
- Qualité fluctuante de transmissions ;

I.2.3 Classification des réseaux sans fils [21]:

✓ Classification des réseaux en fonction de la taille

A. Les WPAN (Wireless Personal Area Networks) la portée maximale est limitée à quelques dizaines de mètres autour de l'utilisateur (bureaux, salles de conférence...). On y trouve les standards tels que le Bluetooth,

B. Les WLAN (Wireless Local Area Networks) la portée va jusqu'à 500 m, pour les applications couvrant un campus, un bâtiment, un aéroport, un hôpital, etc. On y trouve les standards tels que le Wi-Fi (Wireless Fidelity).

C. Les WMAN (Wireless Metropolitan Area Networks)

Peut couvrir une zone de la taille d'une ville avec une portée pouvant aller jusqu'à 50 Km. C'est dans cette catégorie que l'on classe le WiMAX et les HIPERMAN.

D. Les WWAN (Wireless Wide Area Networks)

la zone de couverture est très large, à l'échelle mondiale. Dans cette catégorie, on peut citer le GSM et ses évolutions (GPRS, EDGE), le CDMA et l'UMTS.

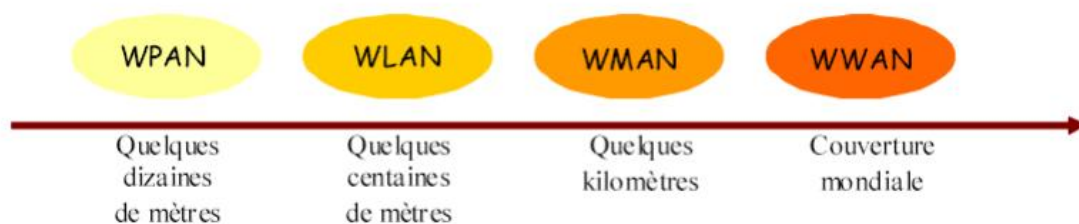


Figure I.1 : Classification des réseaux sans fil suivant leur taille

✓ Classification des réseaux suivant le mode opératoire

En réseaux sans fil, on retrouve principalement deux modes opératoires :

- ∅ **le mode infrastructure** : Le réseau est composé de plusieurs cellules et chacune d'elles comprend une station de base (ou un point d'accès) par laquelle toutes les autres stations de la cellule accèdent au réseau. Les différents points d'accès sont reliés entre eux et/ou au réseau Internet à l'aide d'une technologie supplémentaire qui peut être filaire ou hertzienne.
- ∅ **le mode sans infrastructure (Ad hoc)** : En ce mode, il n'y a pas de point d'accès fixe, l'infrastructure n'est composée que des stations elles-mêmes, ces dernières jouant à la fois le rôle de terminaux et de routeurs pour permettre le passage de l'information d'un terminal vers un autre sans que ces terminaux soient reliés directement. La caractéristique essentielle d'un réseau ad-hoc est l'existence de tables de routage dynamiques dans chaque nœud. C'est la catégorie des réseaux WPAN tels que le Bluetooth. [9]

I.2.4 Architecture de réseau mobile à infrastructure :

Généralement, un réseau mobile se compose de plusieurs éléments: l'unité mobile (le terminal), la station de base BS, le centre de commutation des services mobiles MSC (Mobile Switching Centre – en anglais), l'enregistreur de localisation nominal et l'enregistreur de localisation de visiteurs.

Puisqu'un réseau mobile est basé sur la technologie de cellule, un réseau mobile est constitué de plusieurs cellules. Chaque cellule est déterminée par la portée de la BS.

L'unité mobile peut être un équipement mobile d'utilisateur comme téléphone portable, PDA, etc.

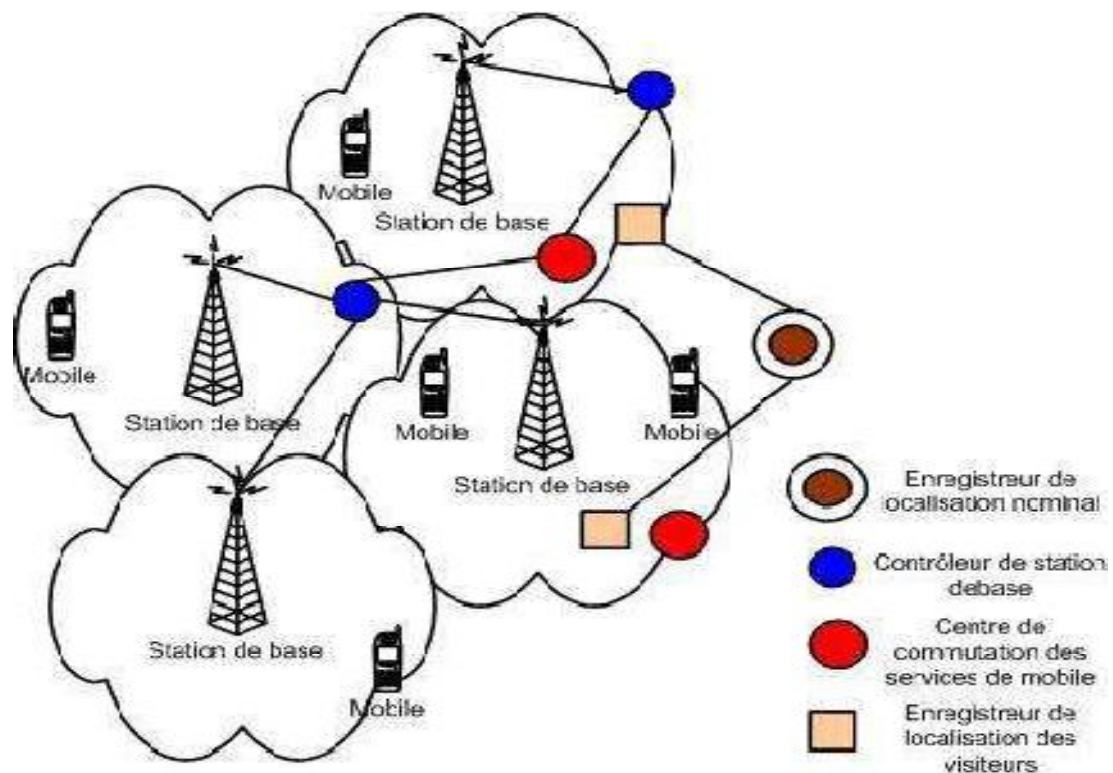


Figure I.2 : Architecture du réseau mobile

Dans le réseau mobile, il existe deux éléments qui sont utilisés pour identifier la position du terminal mobile. Ce sont l'enregistreur de localisation nominal HLR (Home Location Register) et l'enregistreur de localisation de visiteurs VLR (Visitor Location Register). Ils sont connectés au MSC. Le HLR est une base de données qui permet au MSC (commutateur du réseau) de gérer les informations des abonnés. Le VLR est une base de données qui permet au MSC de gérer les informations des visiteurs.

I.3 Concept cellulaire : [23]

I.3.1.Présentation :

Les premiers services de radiotéléphone ont pour principal défaut le traitement d'un nombre très limité d'abonnés. De nouveaux concepts sont alors nécessaires afin de partager les bandes de fréquences radio entre un plus grand nombre d'utilisateurs. En 1964, le concept de partage des ressources est introduit dans les réseaux de radiotéléphone. Le réseau alloue dynamiquement un canal radio à une nouvelle communication pour sa durée. C'est une évolution importante car le nombre d'abonnés peut être supérieur au nombre de canaux radio.

Mais une répartition soigneusement étudiée de l'allocation des fréquences radio est absolument nécessaire pour que soit viable et surtout extensible une application dans le domaine des télécommunications pour mobiles. En effet, l'utilisation de la ressource radio est le domaine sensible de ce type de système. Cette allocation est faite au moyen d'une découpe géographique basée sur le paradigme hexagonal permettant la réutilisation des fréquences sur des cellules éloignées. Cette méthode présente l'avantage d'être évolutive en fonction du trafic :

- Réduction de la taille des cellules en cas de saturation du réseau (zones géographiques à forte densité de population : zone urbaine);
- Augmentation de la taille des cellules (zones géographiques à faible densité de population : zone rurale).

Cette méthode permet d'accepter de nombreux utilisateurs, mais elle implique de solutionner les phénomènes d'interférences, qui pénalisent fortement la qualité d'un service de transmission de voix et/ou de données. Afin d'éviter qu'un niveau d'interférence trop élevé perturbe les communications, la réutilisation des fréquences est faite en respectant une distance minimum (appelée distances de résolution).

Le principe général du modèle consiste à :

- Partager une zone géographique en un certain nombre de sous-zones appelées cellules;
- Affecter une bande de fréquences à chacune des cellules ;
- Réutiliser chaque bande de fréquences de trafic suffisamment éloignées. Cet éloignement minimum se calcule en fonction du diamètre de chaque cellule

Ce concept, combiné le plus souvent avec le mécanisme de réutilisation des fréquences, permet à des systèmes de communication radio de couvrir des zones très vastes et desservir des densités de trafic élevées

Les réseaux cellulaires mobiles gèrent principalement deux fonctions de base :

1. Le trafic intercellulaire (ou Handoff) ;
2. L'itinérance (ou Roaming) ;

I.3.2 Une cellule :

La zone géographique desservie par le réseau mobile est divisée en petites surfaces appelées cellules. Chacune d'elles est couverte par un émetteur nommé "Station de base". [3]

Pour sa modélisation, une cellule est souvent schématisée par un hexagone ; cependant, cette forme ne peut exister dans la réalité. La Figure 1 montre ce qui peut ressembler à des cellules réelles. Contrairement à la forme circulaire idéale, l'hexagone régulier assure une couverture jointive du plan sans recouvrement. Il permet aussi un contour de niveau du signal constant depuis une antenne omnidirectionnelle. C'est pourquoi, les ingénieurs de planification utilisent cette forme lors de la conception des réseaux

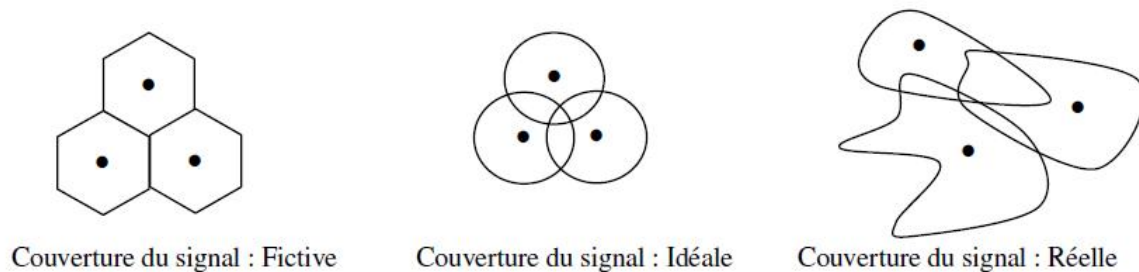


Figure I.3 : Différents modèles de cellules.

Différents types de Cellules :

La taille des cellules est très variable, elle peut varier de quelques mètres à quelques kilomètres.

On distingue trois types de Cellule :

Ø Les Global cellules :

Ce sont des cellules de très grandes tailles, et elles peuvent aller jusqu'à couvrir un tiers du globe grâce à l'utilisation des satellites ;

Ø Les Macro Cellules

Ce sont des Cellules de grande taille (le Rayon de couverture égal 30 Km en GSM 900 et 4 Km en GSM 1800), elles sont implantées dans des zones à faible demande de trafic. C'est le type utilisé dans les zones rurales. Pour couvrir la Cellule, l'on utilise un pylône au moins de 50m ou un Immeuble pour l'antenne ;

Ø Les Micro cellules

Ce sont des cellules de petite taille (rayon égal à 1 km destinées aux zones à forte densité et a forte demande en trafic). Les antennes sont placées à 10 m du sol ;

Ø Les Pico Cellules

Ce sont des cellules de très petite taille (rayon égal à 100 m) prévu pour les endroits tels que : les gares, les galeries marchandes.

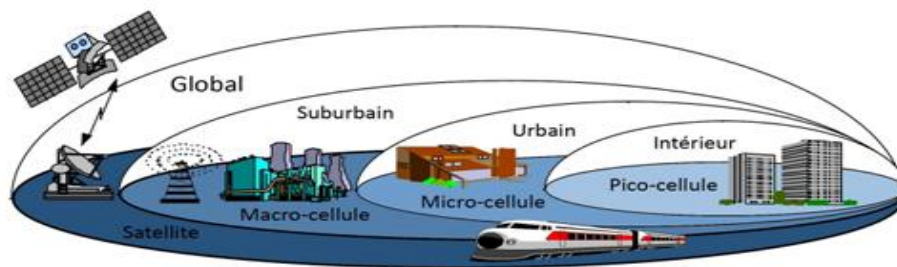


Figure I.4 : Différents types de cellules.

La tendance actuelle, dans les systèmes cellulaires, est l'utilisation de cellules de plus en plus petites pour écouler un maximum de trafic.

I.3.3 La réutilisation des fréquences :

Les fréquences utilisées par une cellule peuvent être utilisées par une autre cellule suffisamment éloignée. Cela peut se faire grâce à la propriété d'atténuation des ondes radioélectriques. Ce principe permet d'augmenter significativement l'utilisation de la bande passante.

Ainsi, au lieu d'utiliser une seule antenne (1 cellule) pour tout le réseau, la zone de couverture est divisée en petites cellules regroupées en cluster (ou motifs cellulaires) dont la taille dépend du système. À chaque groupe ainsi formé est attribué l'ensemble des canaux du système. Les cellules utilisant les mêmes fréquences appelées Co-cellules, doivent être situées à une distance suffisamment grande pour ne pas causer d'interférences dites "Co-canal". La distance minimale requise est appelée distance moyenne de réutilisation. Dans la Figure I.2, si par

exemple, le système possède N canaux. Dans un système sans réutilisation, il pourrait y avoir au maximum N appels. En revanche, dans un système possédant K motifs de réutilisation, $K \times N$ communications peuvent être acheminées.

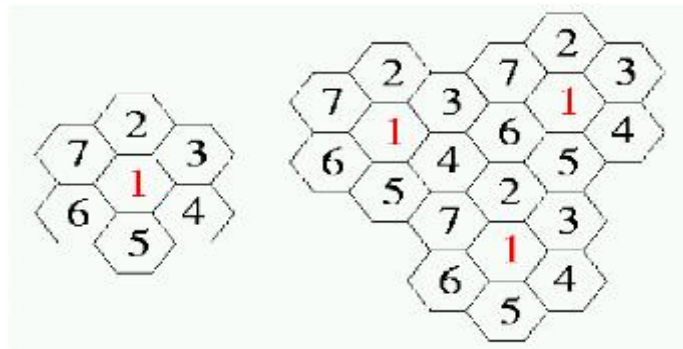


Figure I.5 : représente un motif (cluster) élémentaire (à gauche) et un ensemble de motifs dans un réseau (à droite).

I.4 Communication dans un réseau cellulaire :

I.4.1 Présentation:

Dans un système cellulaire, les stations de base servent comme points d'accès, pour les utilisateurs, au réseau câblé. Nous appelons station de base servante, une station via laquelle des utilisateurs accèdent au réseau. Dans un mode de fonctionnement normal, un utilisateur est raccordé à une seule station de base. Cependant, de façon transitoire, il peut être rattaché à plus qu'une station de base à la fois, lorsqu'il est à la périphérie d'une cellule par exemple, avant de retourner au mode normal. Ce phénomène est connu sous le nom de transfert intercellulaire. Ce qui se passe pendant la période de communication simultanée avec plusieurs stations de base détermine si le transfert intercellulaire est de la variété douce (*soft*) ou dure (*hard*), et le nouveau canal sans fil utilisé après le transfert intercellulaire détermine si le transfert est intercellulaire ou intracellulaire.

I.4.2 Processus du transfert intercellulaire :

Le processus de transfert intercellulaire peut être divisé en quatre parties : la mesure, la transformation, la décision et l'exécution. Nous décrivons ces quatre éléments, un par un, dans leur ordre naturel.

Les mesures utiles pour les décisions du transfert intercellulaires peuvent être faites à la station de base servante, à d'autres stations de base ou sur la station mobile de l'utilisateur elle-même. Plusieurs quantités peuvent être mesurées telles que la puissance du signal reçu, le taux d'erreur binaire, le rapport signal sur bruit ou la distance par rapport à la station de base etc.

Les mesures peuvent être traitées pour produire des éléments plus utiles aux algorithmes de transfert intercellulaires. Ceci sert à avoir une décision plus précise donc, au final, un transfert intercellulaire accompli au bon moment.

Pour la décision, deux questions se posent. Quand transférer? Et vers où transférer? Les deux questions sont reliées, car si on n'a pas vers où transférer le lien au moment où le transfert doit avoir lieu, l'utilisateur perdra la communication.

La signalisation, l'authentification et la reconfiguration du réseau se produisent pendant la phase d'exécution d'un transfert intercellulaire. La durée de l'exécution du transfert intercellulaire constitue une question cruciale pour tout le processus de transfert intercellulaire. Si différentes situations de transfert intercellulaire prennent différentes périodes de temps d'exécution, alors le processus de décision doit les prendre en considération.

I.4 .3 L'importance du transfert intercellulaire :

De nos jours, il y a une tendance vers l'utilisation de cellules plus petites dans un réseau cellulaire. Ces petites cellules sont appelées microcellules, pico-cellules ou même femto-cellules, ce qui accroît les transferts intercellulaire.

- Ø Afin de conserver une faible probabilité d'appels coupés, l'exactitude et l'efficacité des algorithmes de transfert intercellulaire doivent être améliorées pour compenser l'augmentation du nombre de transferts. C'est une des raisons pour lesquelles les algorithmes efficaces de transfert intercellulaire deviennent plus importants dans les systèmes évolués.
- Ø Le fait que chaque fois qu'un transfert intercellulaire se produit, des effets parfois un peu notables affectent la qualité de service, constitue une autre raison pour avoir des algorithmes de transfert intercellulaire efficaces. Ces effets peuvent être sentis par l'utilisateur comme une brève perte de la transmission de la voix. Ces inconvénients sont à la limite du tolérable dans les systèmes ayant des cellules de grandes tailles, mais de plus en plus intolérable quand les transferts intercellulaires se produisent fréquemment. Ces inconvénients sont compensés en augmentant l'efficacité dans le processus de transfert intercellulaire. Par exemple, si on réduit le délai du transfert intercellulaire, les chances de souffrir d'une mauvaise liaison radio seront réduites.
- Ø Une troisième raison de l'importance du transfert intercellulaire réside dans le fait que chaque transfert intercellulaire nécessite des ressources réseau. Il devient plus important de ne pas effectuer des transferts intercellulaires inutiles parce que cela ajoute inutilement la charge de signalisation sur le réseau. Par conséquent, si nous voulons garder la charge sur le réseau dans des limites tolérables, il faut que la charge de chaque transfert soit réduite pour compenser leur plus grande fréquence.

I.4.4 Caractéristiques :

- Le transfert intercellulaire doit être rapide pour que l'utilisateur ne sente pas une dégradation ou une interruption de service.
- Le transfert intercellulaire doit être fiable c'est-à-dire que la communication doit maintenir une bonne qualité après le transfert intercellulaire.
- Le transfert intercellulaire doit être réussi c'est-à-dire qu'un canal doit être libre dans la station de base candidate. Certains algorithmes d'allocation de canal efficace peuvent maximiser la probabilité des transferts intercellulaires réussis.
- Le nombre de transfert intercellulaire doit être minimisé. Un nombre excessif de transferts intercellulaires conduit à de lourdes charges de traitements au niveau du réseau.

I.5 Les techniques d'accès radio :[3]

La fréquence radio est une ressource naturellement limitée, elle doit être alors judicieusement utilisée afin de permettre d'écouler le maximum de trafic. Ainsi, plusieurs méthodes d'accès multiple ont été définies, permettant le partage de la bande passante en plusieurs canaux. Ceux-ci seront alloués aux usagers afin de pouvoir communiquer avec le réseau. La définition d'un canal de communication dépend de la méthode d'accès choisie, il en existe principalement trois :

- Accès Multiple par Répartition dans les Fréquences (AMRF) ou Frequency-Division Multiple Access (FDMA) ;
- Accès Multiple par Répartition dans le Temps (AMRT) ou Time-Division Multiple Access (TDMA) ;
- Accès Multiple par Répartition par Code (AMRC) ou Code-Division Multiple Access (CDMA).

La combinaison des trois techniques d'accès (FDMA, TDMA et CDMA) est également envisagée.

La technique FDMA :

La méthode d'accès FDMA, repose sur un multiplexage en fréquences et est essentiellement utilisée dans les réseaux analogiques. Le multiplexage fréquentiel divise la bande de fréquences en plusieurs sous-bandes. Chacune est placée sur une fréquence dite porteuse, ou carrier, qui est la fréquence spécifique du canal. Chaque porteuse ne peut transporter que le signal d'un seul utilisateur. La Figure I.6 illustre un multiplexage FDMA de quatre porteuses acceptant quatre utilisateurs sur le même support. Cette méthode nécessite une séparation entre les porteuses pour éviter les interférences. Ce mode de partage est simple à mettre en œuvre et il ne nécessite pas de synchronisation entre l'émetteur et le récepteur. L'un des grands inconvénients de FDMA est la sous utilisation de la bande passante.

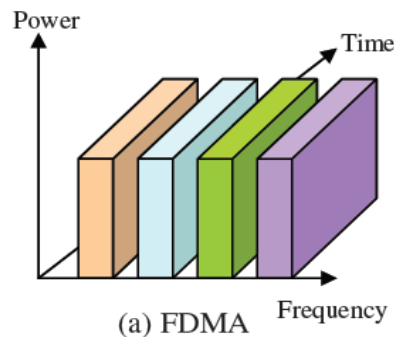


Figure I.6 : Méthode d'accès Multiple « FDMA ».

La technique TDMA :

La méthode TDMA offre la totalité de la bande de fréquences à chaque utilisateur pendant une fraction de temps donnée, appelée *time slot* (intervalle). TDMA permet de transmettre un débit plus important que la solution FDMA. Pour communiquer, un abonné utilise un slot Figure I.7. Ainsi, plusieurs terminaux peuvent se partager la même porteuse. Pour permettre ce partage, les mobiles doivent être fortement synchronisés. Le TDMA s'applique principalement à la transmission de signaux numériques. Les accès combinés FDMA/TDMA montrent une efficacité spectrale importante.

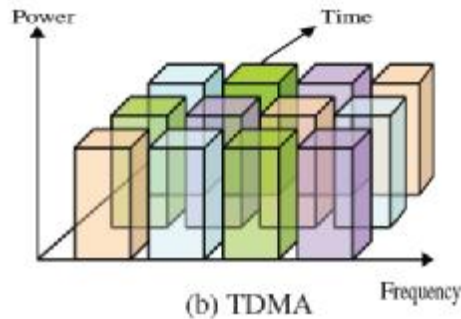


Figure I.7 : Méthode d'accès Multiple « TDMA ».

La technique CDMA :

La troisième méthode, le CDMA autorise l'allocation de la totalité de la bande de fréquences, de manière simultanée, à tous les utilisateurs d'une même cellule. Pour ce faire, un code binaire spécifique est octroyé à chaque utilisateur. L'utilisateur se sert de son code pour transmettre l'information qu'il désire communiquer en format binaire d'une manière orthogonale, c'est-à-dire sans interférence entre les signaux, ou autres communications.

Le nombre de canaux avec CDMA est théoriquement illimité ; toute la difficulté, cependant, est de trouver des codes suffisamment différents pour éviter les interférences et permettre ainsi à la station de base de récupérer des émissions en parallèle. La combinaison FDMA/CDMA offre un bon niveau de résistance à l'interférence Co-canal.

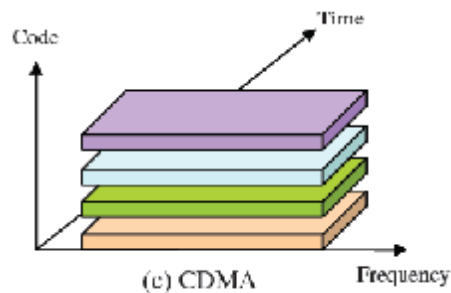


Figure I.8 : Méthode d'accès Multiple « CDMA ».

I.6 Evolutions des réseaux mobiles :

Plusieurs types de réseaux se sont succédés dans le monde de la téléphonie, chacun apportant des améliorations dans la qualité de service par rapport à son prédécesseur. Nous allons décrire dans cette section les principaux réseaux qui ont marqué la téléphonie et mettre en évidence l'amélioration du débit mobile à travers leur succession.

I.6.1 La première génération :

La première génération de téléphonie mobile (notée **1G**) possédait un fonctionnement analogique et était constituée d'appareils relativement volumineux. Il s'agissait principalement des standards suivants :

- **AMPS** (Advanced Mobile Phone System), apparu en 1976 aux Etats-Unis, constitue le premier standard de réseau cellulaire. Utilisé principalement Outre-Atlantique, en Russie et en Asie, ce réseau analogique de première génération possédait de faibles mécanismes de sécurité rendant possible le piratage de lignes téléphoniques.
- **TACS** (Total Access Communication System) est la version européenne du modèle AMPS. Utilisant la bande de fréquence de 900 MHz, ce système fut notamment largement utilisé en Angleterre, puis en Asie (Hong-Kong et Japon).
- **ETACS** (Extended Total Access Communication System) est une version améliorée du standard TACS développé au Royaume-Uni utilisant un nombre plus important de canaux de communication.

L'AMPS est un exemple typique pour les réseaux de 1 G. Quelques paramètres de ce standard est dans le tableau suivant :

Bande de transmission de la BS	869 – 894 MHz
Bande de transmission de unité de mobile	824 – 849 MHz
Largeur de bande	30 kHz
Nombre de canal de la voix	790
Nombre de canal du contrôle	42
Débit de transmission de données	10 kbps

Figure I.9 : Paramètres standards de l'AMPS.

Tous les systèmes cellulaires à 1G utilisent la modulation FM et les téléphones sans fils utilisent uniquement une station de base pour communiquer avec un terminal portable.

Architecture des réseaux 1G :

Les réseaux de mobile 1G incluent des terminaux mobiles, des stations de base BS et des centres de commutations des services de mobile MSC. Dans les réseaux mobiles 1G, le contrôle du système qui gère toutes les informations reliés au mobile se situe dans le MSC. De plus, le MSC doit effectuer toutes les fonctions de gestion de réseau, par exemple le traitement des appels, facturation (billing) et détection de fraude.

Caractéristique :

- Simple à mettre en œuvre.
- L'inconvénient majeur des réseaux téléphoniques de première génération est la sécurité, étant donné que c'est un réseau analogique.
- Il est sensible aux bruits

Les réseaux cellulaires de première génération ont été rendus obsolètes avec l'apparition d'une seconde génération entièrement numérique.

I.6.2 La Deuxième génération 2G :

La seconde génération de réseaux mobiles (notée **2G**) a marqué une rupture avec la première génération de téléphones cellulaires grâce au passage de l'analogique vers le numérique.

Les principaux standards de téléphonie mobile 2G sont les suivants :

✓ **Le standard GSM** (*Global System for Mobile communications*) :

Baptisé << Groupe Spécial Mobile >> à l'origine de sa normalisation en 1982, il est devenu une norme internationale nommée << Global System for Mobile communications >> en 1991. Il est le standard le plus utilisé en Europe à la fin du XX^e siècle, supporté aux Etats-Unis. Ce standard utilise les bandes de fréquences 900 MHz et 1800 MHz en Europe. Aux Etats-Unis par contre, les bandes de fréquences utilisées sont les bandes 850 MHz et 1900 MHz. Ainsi, on appelle **tri-bande**, les téléphones portables pouvant fonctionner en Europe et aux Etats-Unis.

Architecture du réseau GSM :

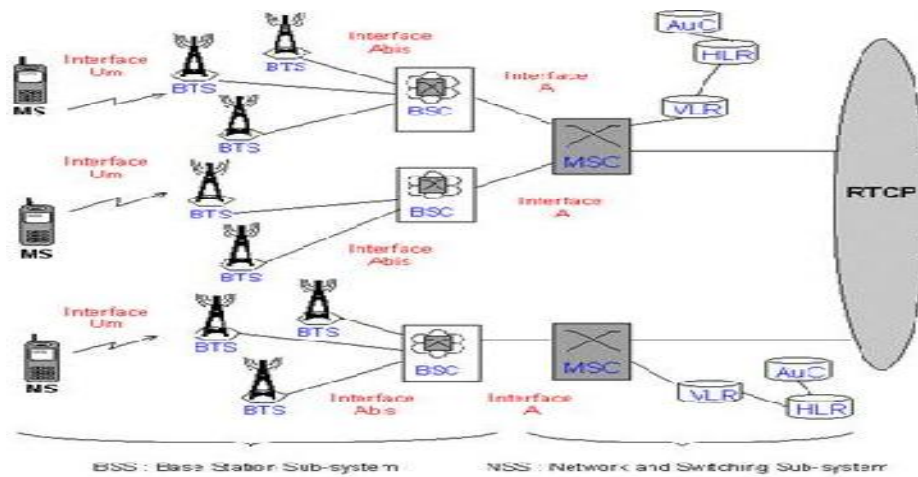


Figure I.10 : Architecture d'un réseau GSM.

Le sous système radios :

- Gérer l'interface radio.
- Les stations de base (BTSs) prennent en charge les fonctions de transmission et de signalisation.
- Le contrôleur de station de base (BSC) gère les ressources radio électronique des BTSs qui dépendent de lui.

Le sous système réseau :

- ∅ Les centres de commutation du service mobile (MSCs) assurent la commutation qui permet :
 - Relier les contrôleurs de station de base ;
 - L'interconnexion entre des stations de base ;
 - L'interconnexion du réseau mobile avec les autres réseaux de télécommunications ;
- ∅ Deux bases de données pour la gestion des abonnés :
 - Enregistreur de localisation nominal (HLR) contient des informations des abonnés rattaché d'une manière permanente à un MSC ;
 - Enregistreur de localisation des visiteurs (VLR) contient dynamiquement des informations des abonnés actuellement connectés à un MSC
- ∅ Un centre d'authentification (AuC) relié au HLR permettant d'authentifier des abonnés connectés au réseau

Terminal mobile :

- ∅ Contient une carte à puce (carte SIM) qui comporte l'identité de l'abonné ;
 - ∅ Authentification de l'identité de l'abonné s'effectue entre la carte SIM et le centre d'authentification (AuC) ;
- ✓ **Le standard GPRS** (General Packet Radio Service) est une évolution de la norme GSM, ce qui lui vaut parfois l'appellation GSM++ (ou GSM 2+). Étant donné qu'il s'agit d'une norme de téléphonie de seconde génération permettant de faire la transition vers la troisième génération (3G), on parle généralement de 2.5G pour classer le standard GPRS.

Le GPRS permet d'étendre l'architecture du standard GSM, afin d'autoriser le transfert de données par paquets, avec des débits théoriques maximums de l'ordre de 171,2 kbit/s (en pratique jusqu'à 114 kbit/s). Grâce au mode de transfert par paquets, les transmissions de données n'utilisent le réseau que lorsque c'est nécessaire. Le standard GPRS permet donc de facturer l'utilisateur au volume échangé plutôt qu'à la durée de connexion, ce qui signifie notamment qu'il peut rester connecté sans surcoût.

Ainsi, le standard GPRS utilise l'architecture du réseau GSM pour le transport de la voix, et propose d'accéder à des réseaux de données (notamment internet) utilisant le protocole IP ou le protocole X.25.

Architecture GPRS :

L'intégration du GPRS dans une architecture GSM nécessite l'adjonction de nouveaux nœuds réseau appelés GSN (GPRS support nodes) situés sur un réseau fédérateur (back one) :

- **le SGSN** (Serving GPRS Support Node, soit en français Nœud de support GPRS de service), routeur permettant de gérer les coordonnées des terminaux de la zone et de réaliser l'interface de transit des paquets avec la passerelle GGSN.
- **le GGSN** (Gateway GPRS Support Node, soit en français Nœud de support GPRS passerelle), passerelle s'interfaçant avec les autres réseaux de données (internet).

Le GGSN est notamment chargé de fournir une adresse IP aux terminaux mobiles pendant toute la durée de la connexion

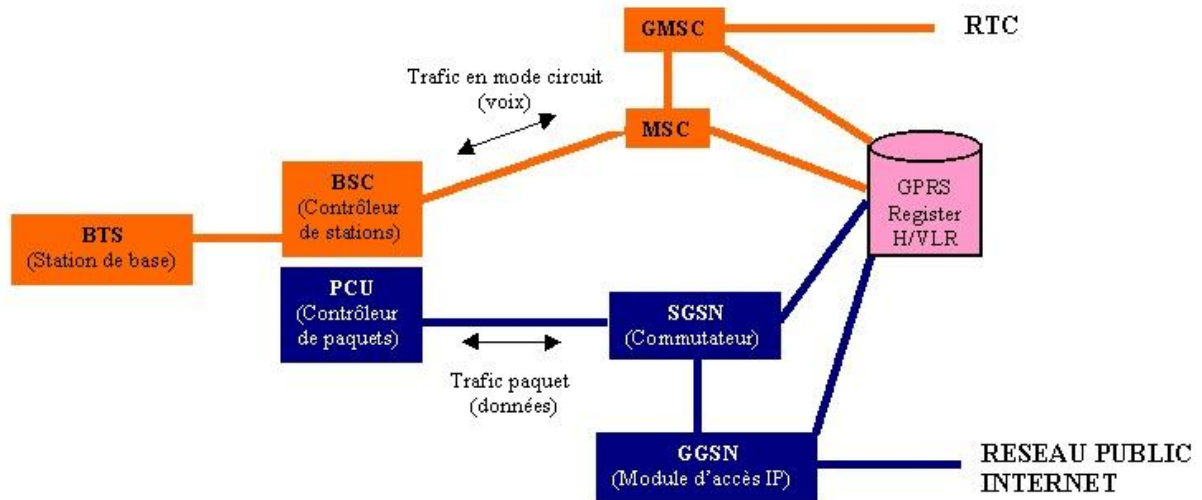


Figure I.11 : Architecture d'un réseau GPRS.

✓ Le standard EDGE

Le standard EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution.) est une évolution de la norme GSM, modifiant le type de modulation. Tout comme la norme GPRS, le standard EDGE est utilisé comme transition vers la troisième génération de téléphonie mobile (3G). On parle ainsi de 2.75G pour désigner le standard EDGE.

EDGE utilise une modulation différente de la modulation utilisée par GSM (EDGE utilise la modulation 8-PSK), ce qui implique une modification des stations de base et des terminaux mobiles.

L'EDGE permet ainsi de multiplier par un facteur 3 le débit des données avec une couverture plus réduite. Dans la théorie EDGE permet d'atteindre des débits allant jusqu'à 384 kbit/s pour les stations fixes (piétons et véhicules lents) et jusqu'à 144 kbit/s pour les stations mobiles (véhicules rapides).

Services offerts par les réseaux 2G :

Grâce aux réseaux 2G, il est possible de transmettre la voix ainsi que des données numériques de faible volume, par exemple des messages textes (**SMS**, pour *Short Message Service*) ou des messages multimédias (**MMS**, pour *Multimedia Message Service*). La norme GSM permet un débit maximal de 9,6 kbps.

I.6.3 Troisième génération 3G :

Elle succède au GPRS qui, en plus de la voix, assurait une gestion optimisée de la transmission de données, en permettant, sur les téléphones mobiles, des débits équivalents à ceux proposés par un modem sur une ligne téléphonique traditionnelle.

Les standards connus de la 3G :

- ▼ La principale norme 3G utilisée en Europe s'appelle **UMTS** (*Universal Mobile Telecommunications System*), utilisant un codage **W-CDMA** (*Wideband Code Division Multiple Access*). La technologie UMTS utilise la bande de fréquence de 5 MHz pour le transfert de la voix et de données avec des débits pouvant aller de 384 kbps à 2 Mbps.

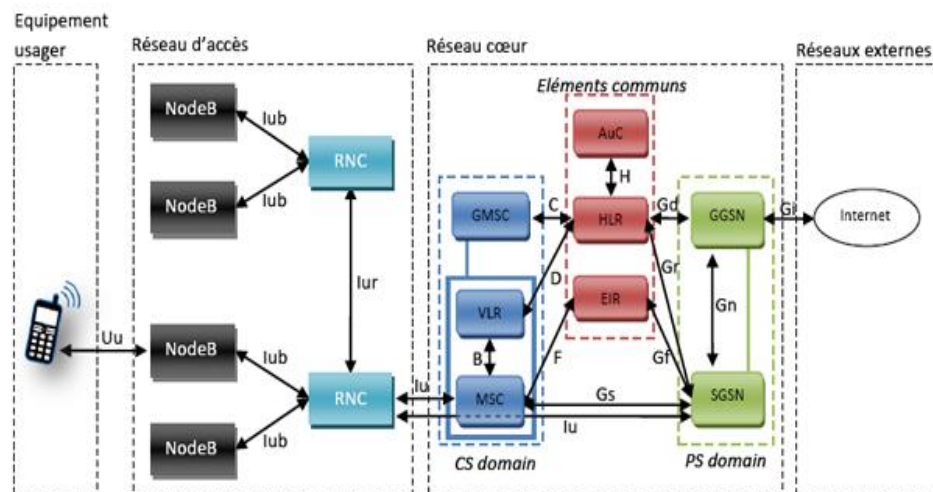


Figure I.12: Architecture d'un réseau UMTS.

Equipement usager :

Equipement mobile utilisé pour la communication radio.

Réseau d'accès :

C'est le réseau qui prend en charge le contrôle et la gestion des ressources radio, il permet l'échange d'information entre le terminal mobile et le réseau cœur. Le réseau d'accès est composé du RNC (Radio Network Controller) et de Nœud B correspondant respectivement aux BSC et BTS du réseau GSM. Ces deux entités forment le RNS (Radio Network Subsystem).[5]

Le réseau cœur :

Les éléments du réseau cœur de l'UMTS sont les mêmes que ceux du réseau GSM. Ce réseau a la fonction de gérer les services offerts aux utilisateurs, il est responsable de la commutation et du routage des communications vers les réseaux externes.

- ✓ La technologie **HSDPA** (*High-Speed Downlink Packet Access*) est un protocole de téléphonie mobile de troisième génération baptisé « 3.5G » permettant d'atteindre des débits de l'ordre de 8 à 10 Mbits/s. La technologie HSDPA utilise la bande de fréquence 5 GHz et utilise le codage W-CDMA.

Les caractéristiques de la 3G:

La 3G se distingue des générations précédentes notamment par :

- un haut débit de transmission :
 - 144 Kbps avec une couverture totale pour une utilisation mobile,
 - 384 Kbps avec une couverture moyenne pour une utilisation piétonne,
 - 2 Mbps avec une zone de couverture réduite pour une utilisation fixe,
- compatibilité mondiale,
- compatibilité des services mobiles de 3^{ème} génération avec les réseaux de seconde génération,

I.6.4 La quatrième génération 4G :[6]

En télécommunications, 4G est la 4^e génération des standards pour la téléphonie mobile. Succédant à la 2G et la 3G, elle permet le « très haut débit mobile », c'est-à-dire des transmissions de données à des débits théoriques supérieurs à 100 Mb/s, voire supérieurs à 1 Gb/s (débit minimum défini par l'UIT pour les spécifications IMT-Advanced (en)). En pratique, les débits sont de l'ordre de quelques dizaines de Mb/s selon le nombre d'utilisateurs, puisque la bande passante est partagée entre les terminaux actifs des utilisateurs présents dans une même cellule radio.

Une des particularités de la 4G est d'avoir un « cœur de réseau » basé sur IP et de ne plus offrir de mode commuté (établissement d'un circuit pour transmettre un appel "voix"), ce qui signifie que les communications téléphoniques utiliseront la voix sur IP (en mode paquet).[6]

Comme pour le passage de la 2G à la 3G, les terminaux mobiles devront être adaptés à la nouvelle génération 4G, ce qui est déjà le cas pour bon nombre de produits qui ont été mis sur le marché récemment. En effet, qu'il s'agisse d'une clé mobile ou d'un Smartphone, leur adaptation aux nouveaux protocoles IPv6, fournis par la connexion 4G, sera nécessaire. De leur côté, les opérateurs commencent peu à peu à proposer des forfaits adaptés.

Tableau récapitulatif :

Standard	Génération	Bande de fréquence	Débit	
GSM	2G	Permet le transfert de voix ou de données numériques de faible volume.	9,6 kpbs	9,6 kpbs
GPRS	2.5G	Permet le transfert de voix ou de données numériques de volume modéré.	21,4-171,2 kpbs	48 kpbs
EDGE	2.75G	Permet le transfert simultané de voix et de données numériques.	43,2-345,6 kbps	171 kbps
UMTS	3G	Permet le transfert simultané de voix et de données numériques à haut débit.	0.144-2 Mbps	384 Kbps
LTE	4G	Permet le transfert simultané de voix et de données numériques à haut débit.	10-300 Mbps	5-75 Mbps

Tab I.1 : Tableau récapitulatif.

I.7 La Qualité de service « Qos » :

Les services sont caractérisés par une série de caractéristiques qui constituent la QOS (« Quality Of Service »). Des paramètres types sont affectés à la QOS et doivent pouvoir être supportés par des réseaux qui assurent ces services.[8]

Les principales caractéristiques à prendre en compte sont les suivantes :

1. **Pour les services interactifs en temps réel**, voix/données, qui sont les plus exigeants en terme de contraintes temporelles (ex. la téléphonie, la visiophonie) :

Ü Le délai de transfert ou délai de « transmission » (on parle parfois de « latency ») du signal par le réseau, de la source à la destination, qui comporte temps de traitements + temps de transmission et de propagation. Pour la téléphonie par exemple, ce temps est limité à 400-500 msec et à 25-30 msec, soit 50-60 msec A-R (Aller- Retour, « round-trip delay ») lorsqu'il y a des systèmes analogiques dans la connexion sauf si on place des équipements pour compenser les échos.

Ü La variation dans le délai de transfert (« delay variation »), appelée aussi gigue (« jitter »). Le signal transmis pour ce type de service est en effet par nature isochrone. De telles contraintes sont difficiles à satisfaire pour des réseaux de type paquets pour lesquels le temps de traversée du réseau est par nature flottant (ex. IP). Une approche consiste à récupérer le synchronisme dans les terminaux d'extrémité, pour autant qu'il soit assez intelligents et puissants. On notera que les services en temps réel, non-interactifs (e.g. diffusion d'un programme vidéo) sont nettement moins exigeants en termes de contraintes temporelles (on peut diffuser les images d'un événement avec quelques secondes de retard pour autant qu'on conserve l'isochronisme sans que cela porte à conséquence).

2. **Pour les services de données**, les contraintes portent sur :

Ü Les débits : le débit minimal à garantir, débit de crête, débit moyen,...

Ü Les erreurs : BER, perte de paquets, duplication ou insertion de paquets, ordre des paquets,...

3. **Pour les services de type multimedia** :

Dans ce cas, le réseau est amené à supporter plusieurs types de services, comme les précédents.

4. **Les aspects multipoint ou multi-cast** (plus facile pour un réseau de type sans connexion qu'avec connexion dès que le nombre de participants est important).

Impact sur les réseaux

Pour pouvoir supporter la QOS et surtout si le réseau ambitionne d'être multi-services, des mécanismes spécifiques doivent être disponibles :

- ü Mécanismes de priorisation des ressources du réseau (et donc d'allocation de coûts aux utilisateurs...),
- ü Contrôles de flux et de congestion, contrôle d'accès,... Tous les paramètres de QOS ci-dessus doivent en principe pouvoir être supportés « end-to-end » ; on entrevoit dès lors 2 types de problèmes liés aux réseaux actuels :
 - L'aspect multi-opérateurs (gestion, responsabilité,...)
 - L'aspect multi-technologies (différentes technologies ou couches de réseau intervenant pour contrôler la QOS).

Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons donné un aperçu sur les notions de base, des systèmes de communications cellulaires en présentant les réseaux cellulaires et leurs concepts ainsi que les différentes générations de téléphonie mobile communes.

Le chapitre suivant se portera sur la gestion des appels dans la 3G. Nous présenterons d'une manière détaillée les classes de service en UMTS ainsi que son architecture, nous parlerons des groupes d'applications des appels et enfin du Handoff.

II.1 Introduction :

L'UMTS est l'acronyme de « Universal Mobile Telecommunications System ». Les systèmes de première et deuxième générations étaient considérés comme des systèmes de téléphonie mobile, donc la troisième génération se différencie des deux précédentes par le fait que l'on passe de téléphonie à télécommunication ce qui sous-entend l'apparition de services multimédia à tout instant et en tout lieu.

Le développement de l'UMTS fut initié par l'Europe à la fin des années 1980 et est maintenant poursuivi à l'échelle mondiale. L'UMTS se voulant être une norme universelle, des travaux de standardisation s'effectuent à un niveau mondial au sein du 3GPP (Third Generation Partnership Project) depuis décembre 1998 et ce groupe rassemble les organismes de standardisation européen, japonais, américain, sud-coréen et depuis 1999 chinois. Le système UMTS a été testé pour la première fois en Europe.

II.2 Caractéristiques : [24] [32]

Les caractéristiques minimales requises pour assurer le démarrage de l'UMTS portent sur trois domaines : Les services, le réseau d'accès radio et le réseau de transport.

Concernant les services on a :

- Possibilité de multimédia avec mobilité complète ;
- Accès efficace à l'Internet, aux Intranet et autres services supportés par le protocole Internet (IP) ;
- Haute qualité de parole, comparable à celle des réseaux fixes;
- Portabilité des services entre différents environnements UMTS ;
- Exploitation à l'intérieur, à l'extérieur et à grande distance des services GSM/UMTS un environnement sans coupure, y compris une itinérance complète entre réseaux GSM et UMTS ainsi qu'entre la composante de terre et la composante par satellite des réseaux UMTS.

Pour le réseau d'accès radio il doit y avoir:

- Une nouvelle interface radio différente de celle utilisée en GSM permettant l'accès à tous les services (technologie UTRA) ;
- Une bonne efficacité spectrale globale.

Pour le réseau de transport il doit y avoir :

- Evolution de la famille GSM, gestion de mobilité pour le contrôle d'appel incluant une fonctionnalité d'itinérance complète basée sur les spécifications GSM;
- Eléments de la convergence fixe/mobile.

II.3 Classes de services de L'UMTS : [24]

Afin de couvrir l'ensemble des besoins présents et futurs des services envisagés pour l'UMTS, quatre classes ont été définies afin de regrouper les services en fonction de leur contraintes respectives. Les principales contraintes retenues pour la définition des classes de services de l'UMTS sont les suivantes :

- Le délai de transfert de l'information ;
- La variation du délai de transfert des informations ;
- La tolérance aux erreurs de transmission.

On peut distinguer quatre classes de services :

Ø **Class A : mode conversation (*conversationnel*)**

La classe A regroupe les applications en mode phonie et visiophonie, c'est-à-dire les conversations entre deux ou plusieurs personnes. Pour ces applications, la quasi-instantanéité du transfert de l'information est le paramètre essentiel. Par contre, la perception humaine tolère et corrige dans une certaine mesure les erreurs de transmission, qu'il s'agisse d'une parole déformée ou d'une image imparfaite.

Exemples :

- téléphonie
- vidéophonie
- Telnet, jeux interactifs

Ø **Class B : mode flux de données (*streaming*)**

La classe B est la classe des applications asymétriques correspondant à une communication entre un utilisateur et un serveur. Principalement, l'utilisateur interroge le serveur par une requête limitée en quantité d'information et en débit, le serveur transmettant au contraire une quantité importante d'informations, si possible à un débit élevé. Par rapport à la classe A, le retard dans le transfert des données peut être plus important sans que la qualité de service perçue par l'utilisateur en soit affectée.

Exemples :

- services de vidéo sur demande
- broadcasting
- FTP

Ø **Class C : mode interactif (*interactive*)**

Comme pour la classe B, les services de classe C impliquent un utilisateur et un serveur mais cette fois, le dialogue est interactif et il s'agit d'un serveur de données ou d'applications informatiques, comme des pages Internet, par exemple. L'absence de signaux de parole ou vidéo conduit à relâcher la contrainte sur la transmission en temps réel. La réponse à la demande de l'utilisateur doit juste lui parvenir dans un délai psychologiquement acceptable. Par contre, s'agissant de fichiers informatiques, il est essentiel que l'information ne soit pas altérée par la qualité de la transmission.

Exemples:

- Messages vocaux;
- Surf;
- E-commerce ;

Ø Class D : mode tâche de fond (*background*)

La classe D est similaire à la classe C mais les informations transmises ont un moindre degré de priorité. Le délai de transmission peut être plus long.

Exemples :

- Fax
- Notification d'arrivée de l'e-mail
- SMS

Les quatre classes de services définies dans le cadre de l'UMTS peuvent se répartir en deux groupes comme illustré dans le tableau suivant.

- Les classes A (ou conversation) et B (ou streaming) pour les applications à contrainte temps réel ;
- Les classes C (ou interactive) et D (ou background) pour les applications de données sensibles aux erreurs de transmission.

Tableau Récapitulatif des classes de services et leurs contraintes

Groupes	Classes	Services	Contraintes
Classe (conversation) services conversationnels	A	-Téléphonie -Visiophonie -Jeux interactifs	Très sensibles au retard, symétriques. Groupe des applications à contraintes temps réel
		-Vidéo à la demande -Diffusion radiophonique -Transfert d'image	Sensibles au retard, très asymétriques.
Classe (interactive): services interactifs	C	-Navigation Web -Transfert de fichier FTP -Transfert d'E-mail -E-commerce	Sensibles au temps allé et retour, asymétriques. Groupe des applications de données sensibles aux erreurs de transmission
		-Transfert de Fax - SMS	Insensible au retard, asymétriques.

Tableau II.1 : Tableau récapitulatif des classes de services

Le schéma ci-après présente les différents services que propose l'UMTS. Sur l'axe des ordonnées se trouve le débit demandé pour le service en question. Chacun des services est regroupé par leur type de connexion (bidirectionnel, unidirectionnel, diffusion point/multipoint).

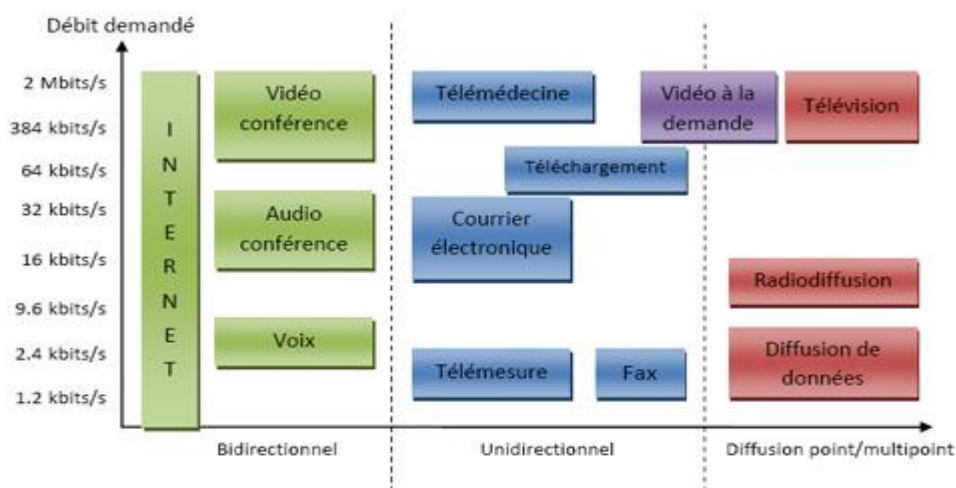


Figure II.1 : Les besoins en débit des services de l'UMTS

Les services supplémentaires :

- Le renvoi d'appel
- La dérivation d'appel
- L'identification du numéro
- Le double appel
- La présentation du nom de l'appelant
- La téléconférence
- Les outils de facturation
- Le transfert d'appel
- Le rappel automatique

Deux types de modes de commutation :

- § **De circuits:** pour les services classe A et B (téléphonie + données en temps réel)
- § **De paquets :** pour les services classe C et D

II.4 : Architecture de l'UMTS : [31] [32]

L'architecture de l'UMTS est composé de:

- Ø Réseau d'accès: AN (Access Network) ;
- Ø Réseau cœur: CN (Core Network) ;



Figure II.2 : les composants de l'UMTS.

Iu: l'interface entre le CN et AN capable de connecter des technologies différentes au réseau cœur comme:

- Ø Le **BRAN**: (Broadband Radio Access Network), réseau d'accès large bande WLAN
- Ø Le **SRAN**: (Satellite Radio Access Network)
- Ø L'**UTRAN**: le réseau d'accès de l'UMTS

✓ **Architecture du réseau cœur de l'UMTS :**

Le réseau cœur de l'UMTS est composé de trois parties dont deux domaines :

- Le domaine CS (Circuit Switched) utilisé pour la téléphonie ;
- Le domaine PS (Packet Switched) qui permet la commutation de paquets ;
- Les éléments communs aux domaines CS et PS ;

Le schéma représente l'architecture du réseau cœur de l'UMTS :

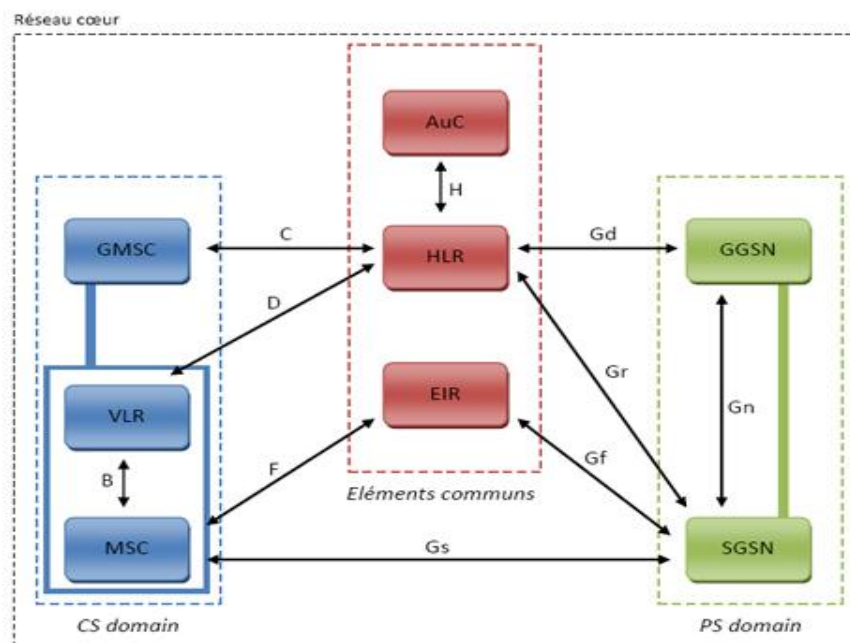


Figure II.3 : Réseau cœur de l'UMTS.

Éléments communs :

Le groupe des éléments communs est composé de plusieurs modules :

- **Le HLR (Home Location Register)** représente une base de données des informations de l'utilisateur : l'identité de l'équipement usager, le numéro d'appel de l'utilisateur, les informations relatives aux possibilités de l'abonnement souscrit par l'utilisateur.
- **Le AuC (Authentication Center)** est en charge de l'authentification de l'abonné, ainsi que du chiffrement de la communication. Si une de ces deux fonctions n'est pas respectée, la communication est rejetée. Le AuC se base sur le HLR afin de récupérer les informations relatives à l'utilisateur et pour ainsi créer une clé d'identification.
- **L'EIR (Equipment Identity Register)** est en charge de la gestion des vols des équipements usagers. Il est en possession d'une liste des mobiles blacklistés par un numéro unique propre à chaque équipement usager, le numéro IMEI (International Mobile station Equipment Identity).

Le domaine CS :

Le domaine CS est composé de plusieurs modules :

- Le MSC (Mobile-services Switching Center) est en charge d'établir la communication avec l'équipement usager. Il a pour rôle de commuter les données.
- Le GMSC (Gateway MSC) est une passerelle entre le réseau UMTS et le réseau téléphonique commuté PSTN (Public Switched Telephone Network). Si un équipement usager contacte un autre équipement depuis un réseau extérieur au réseau UMTS, la communication passe par le GMSC qui interroge le HLR pour récupérer les informations de l'utilisateur. Ensuite, il route la communication vers le MSC dont dépend l'utilisateur destinataire.
- Le VLR (Visitor Location Register) est une base de données, assez similaire à celle du HLR, attachée à un ou plusieurs MSC. Le VLR garde en mémoire l'identité temporaire de l'équipement usager dans le but d'empêcher l'interception de l'identité d'un utilisateur. Le VLR est en charge d'enregistrer les utilisateurs dans une zone géographique LA (Location Area).

Le domaine PS :

Le domaine PS est composé de plusieurs modules :

- Le SGSN (Serving GPRS Support Node) est en charge d'enregistrer les utilisateurs dans une zone géographique dans une zone de routage RA (Routing Area)
- Le GGSN (Gateway GPRS Support Node) est une passerelle vers les réseaux à commutation de paquets extérieurs tels que l'Internet.

II.5 La mise sous tension : [12]

Dès sa mise sous tension, le mobile effectue un certain nombre d'opérations destinées à sélectionner un réseau et une cellule d'accueil capable d'offrir un service à l'utilisateur, c'est-à-dire à être en mesure d'envoyer ou recevoir un appel du réseau.

Ces opérations sont regroupées en trois processus dans le mobile :

- La sélection de PLMN (Public Land Mobile Network)
- La sélection de cellule
- L'inscription au réseau

II.5.1. La sélection de PLMN :

Le **PLMN** un réseau de télécommunication constitué d'un réseau cœur et d'un réseau d'accès, installé et géré par un opérateur

Chaque PLMN dispose d'une identité, composée de deux champs:

- **MCC (Mobile Country code)** est le code du pays du PLMN
- **MNC (Mobile Network Code)** permet de différencier les PLMN d'un même pays



Figure II.4: Identité du PLMN.

II.5.2. La recherche de cellules candidate :

Le mobile détermine une liste de cellules candidates, ou convenable (suitable)

Une cellule candidate à une éventuelle sélection par le mobile, doit vérifier certaines conditions :

- Elle ne doit pas être interdite (barred)
- Elle doit satisfaire le critère radio S

Le critère radio S : permet la sélection d'une cellule qui respecte à la fois le critère de qualité et la puissance minimale du signal.

Le choix de la cellule initiale: le mobile réalise un classement des cellules candidates suivant un critère radio, et choisit la meilleure cellule de la liste ainsi classée.

II.5.3. Inscription auprès du réseau :

Une fois le PLMN et la cellule d'accueil sélectionnée, le mobile va tenter de s'inscrire auprès du PLMN choisi.

Dans les spécifications de l'UMTS cette procédure porte le nom de:

- Ø **IMSI attach** pour l'inscription au domaine CS;
- Ø **UMTS GPRS attach** pour l'inscription au domaine PS.

- **Inscription au domaine PS: [13]**

L'inscription au domaine PS se fait en trois phases :

La phase 1: Une fois la connexion établie entre le mobile et le RNC, la demande d'inscription est émise par le mobile à destination du SGSN.

La phase 2 : Le SGSN doit procéder à certaines vérifications, sur la validité de l'identité de l'utilisateur et l'identité du terminal.

La phase 3 : Le SGSN informe le HLR de l'enregistrement du mobile dans sa base de données. En retour, le HLR transmet au SGSN les caractéristiques de l'abonnement souscrit par l'utilisateur. La dernière opération effectuée est l'allocation d'une identité temporaire P-TMSI (Packet Temporary Mobile Subscriber Identity), c'est cette identité qui sera utilisée pour les échanges entre le mobile et le réseau.

Pour l'inscription au domaine CS, nous suivons les mêmes étapes précédentes, une fois la dernière opération effectuée, une identité temporaire (TMSI) sera affectée au mobile.

II.5.4. Les protocoles utilisés :

Les principaux protocoles mis en œuvre dans la procédure d'inscription sont les suivants:

- Ø Le protocole GMM (GPRS Mobility Management), entre le mobile et le SGSN, pour l'inscription au domaine PS.
- Ø Le protocole MM (Mobility Management), entre le mobile et le MSC/VLR, pour l'inscription au domaine CS
- Ø Le protocole MAP entre les différents nœuds du réseau cœur.

II.6. Etablissement d'un appel :

Lors de l'établissement d'un appel, différents processus sont réalisés.

✓ Etablissement d'un appel PS (Commutation de paquet) :

Dans Cette procédure, pas besoin de ressources dédiées, le transfert se fait sous forme de paquet IP ou encapsulé dans de l'IP. Elle se décompose à son tour en trois phases :

Phase 1:

- L'établissement de la connexion entre le mobile et le réseau.
- Le mobile transmet au réseau le message initial *Activate PDP^[1]context*.
- Avant de transmettre ce message au réseau cœur, le SRNC établit la connexion SCCP avec le SGSN.

Phase 2:

Le réseau effectue ensuite un certain nombre d'opérations destinées à authentifier l'utilisateur (procédure *GMM Authentication and Ciphering Request*) et sécuriser la transmission (procédure *Security Mode Command*)

Phase 3:

Le SGSN va commander de toutes les ressources nécessaires à la communication pour le réseau cœur, et pour l'UTRAN.

- Au niveau du réseau cœur, le tunnel entre le SGSN et le GGSN est établi au moyen de la procédure *Create PDP Context*
- Au niveau de l'UTRAN, l'allocation des ressources est commandée par le message *RAB Assignment Request*.

✓ Etablissement d'un appel CS :

Dans cette procédure on procède à la réservation du médium pendant tout le (temps commutations de circuit), elle se divise en plusieurs phases :

Phase 1 :

Identique à la phase de connexion d'un appel PS, sauf que le MSC/VLR procède à l'authentification du mobile.

[1] : Le contexte PDP (Packet Data Protocol) regroupe l'ensemble des informations permettant la transmission des données usager entre le mobile, le réseau UMTS et le réseau de commutation de paquets externe (Internet)

Phase 2 :

- Le mobile envoie un message *Setup* qui contient le numéro appelé.
- Le message *Call proceeding* permet au réseau d'indiquer à l'utilisateur qu'il dispose de tous les éléments nécessaires.
- Le réseau alloue les ressources nécessaires dans l'UTRAN,

Phase 3 :

- Une fois les ressources allouées, l'appel va être acheminé vers l'appelé via le centre d'acheminement situé à l'extérieur du réseau UMTS, avec un message IAM (Initial Address Message) contenant le numéro appelé.
- Le message ACM (Address Complete Message) indique que l'appelé a été alerté (avec une sonnerie). Cette information est relayée à l'appelant par le MSC/VLR.
- Le message ANM (Answer Message) indique à l'appelé de décrocher.
- L'appel est alors établi.

II.7. La mise hors tension :

- La procédure *d'IMSI detach* (ou de *GPRS detach*) peut être utilisée par le mobile pour effacer son inscription dans le réseau
- La procédure *d'IMSI detach* a pour objectif d'effacer les données de localisation liées à l'abonné dans le VLR et d'informer le HLR de la désinscription de l'utilisateur.
- L'opérateur du réseau peut souhaiter ne pas autoriser la procédure *d'IMSI detach* s'il ne préfère pas supporter la charge de signalisation.
- Chaque VLR disposant de fonction de nettoyage de leur base de données.

II.8. La mobilité dans les réseaux cellulaires :

Une caractéristique propre au mobile est de pouvoir se déplacer en cours d'une communication. Et la gestion de cette mobilité consiste à maintenir la communication sans interruption. Pour cela, un nœud mobile doit pouvoir détecter (localiser) ses déplacements, c'est-à-dire détecter le changement de sous-réseau, ce qui nécessite l'obtention d'une nouvelle adresse temporaire.

II.8.1. Handover :[14] [27]

II.8.1.1. Définition :

Le Handover désigne l'ensemble des opérations mises en œuvre pour permettre qu'un téléphone mobile (dénommés station - MS en GSM, ou User Equipment dans les réseaux 3G) change de cellule radio sans interruption de la conversation ou du transfert des données. Ce mécanisme peut être complété par un service d'itinérance (Roaming), qui se manifeste dans le cas où la station mobile quitte une cellule gérée par un opérateur pour une autre appartenant à un autre opérateur, qu'il y ait, ou pas, une conversation en cours.

Le processus du Handover permet à un terminal mobile de maintenir la communication en cours, lors d'un déplacement qui amène le mobile à changer de cellule. En effet lorsque le signal de transmission entre un téléphone et une station de base (BTS) s'affaiblit, le logiciel du téléphone mobile cherche une autre station de base disponible dans une autre cellule, qui soit capable d'assurer à nouveau la communication dans les meilleures conditions.

Le Handover peut également avoir lieu entre des canaux ou cellules radio gérés par une seule BTS ou un Node B (on parle alors de Handover intracellulaire), par exemple lorsque la station mobile passe d'un canal radio vers un autre, à cause d'une détérioration du lien radio (trop d'interférences dans la bande de fréquence du canal d'origine).

II.8.1.2. Utilité du Handover :

Il existe trois cas où un Handover est nécessaire pour assurer la continuité d'un appel téléphonique :

- **Rescue Handover** : la station mobile quitte la zone couverte par une cellule pour une autre. C'est la qualité de transmission qui détermine la nécessité du Handover, qualité mesurée par le taux d'erreur, l'intensité du signal reçu, le niveau d'interférences et le délai de propagation.

- Confinement Handover : la station mobile subirait moins d'interférences si elle changeait de cellule (les interférences sont dues en partie aux autres stations mobiles actives dans la cellule). La station mobile écoute en permanence d'autres antennes pour mesurer la qualité d'une connexion à ces dernières. De plus, chaque station mobile est synchronisée avec plusieurs BTS pour être prête en cas de Handover.
- Traffic Handover : le nombre de stations mobiles est trop important pour la cellule, et des cellules voisines peuvent accueillir de nouvelles stations mobiles. Cette décision nécessite de connaître la charge des autres BTS.

II.8.1.3. Types de Handovers :

Un Handover peut se faire lors d'un passage d'une cellule à une autre (Handover intercellulaire), ou dans une même cellule lorsque le signal s'affaiblit par exemple (Handover intracellulaire).

Ø Hard et Soft Handovers :

- Le hard Handover se produit lorsque le canal radio de la cellule source est libéré et le canal dans la cellule cible est engagé. Ainsi, la connexion à la cellule source est rompue avant (ou au même moment) l'établissement de la liaison avec la cellule cible. Cette méthode est appelée break-before-make (qui signifie « rompre avant de faire »). Dans ce cas, il est important de minimiser la durée d'interruption de la communication. Ce type de Handover est utilisé dans GSM.



Figure II.5: Le hard handover

- Le soft Handover a lieu lorsque le canal de la cellule source est maintenu pendant un certain laps de temps pendant que la liaison avec la cellule cible est engagée. Dans ce cas, la connexion avec la cellule cible est établie avant la rupture du lien avec la cellule source. Cette méthode est appelée make-before-break (qui signifie « faire avant de rompre »). Ce type de Handover est généralement utilisé dans les réseaux 3G UMTS et dans les générations suivantes de réseau mobile.



Figure II.6 : Le soft Handover

Ø Les Handovers Intra et Inter systèmes dans l'UMTS :

Une station Mobile MS a déjà un canal dans une cellule donnée (gérée par un Node B et un RNC donnés) ; lorsque le signal reçu s'affaiblit, elle migre vers un nouveau canal. Il existe alors six types de Handover :

- Handover Intra-RNC (Radio Network Controller) : le nouveau canal "voix" est attribué à la MS dans la même cellule ou une autre cellule gérée par le même RNC.
- Handover Intra-MSC/VLR : le nouveau canal est attribué à la MS mais dans une cellule gérée par un autre RNC, lui-même étant géré par le même MSC/VLR.
- Handover Intra-SGSN : en mode paquet (transfert de données), le nouveau canal est attribué à la MS mais dans une cellule gérée par un autre RNC, lui-même étant géré par le même SGSN.
- Handover Inter-MSC/VLR : le nouveau canal est attribué dans une cellule qui est gérée par un autre MSC/VLR.

- Handover Inter-SGSN : en mode paquet, le nouveau canal est attribué dans une cellule qui est gérée par un autre SGSN.
- Handover Inter-System : un nouveau canal est attribué dans un autre réseau mobile que celui qui est chargé de la MS (exemple entre un réseau GSM et un réseau UMTS).

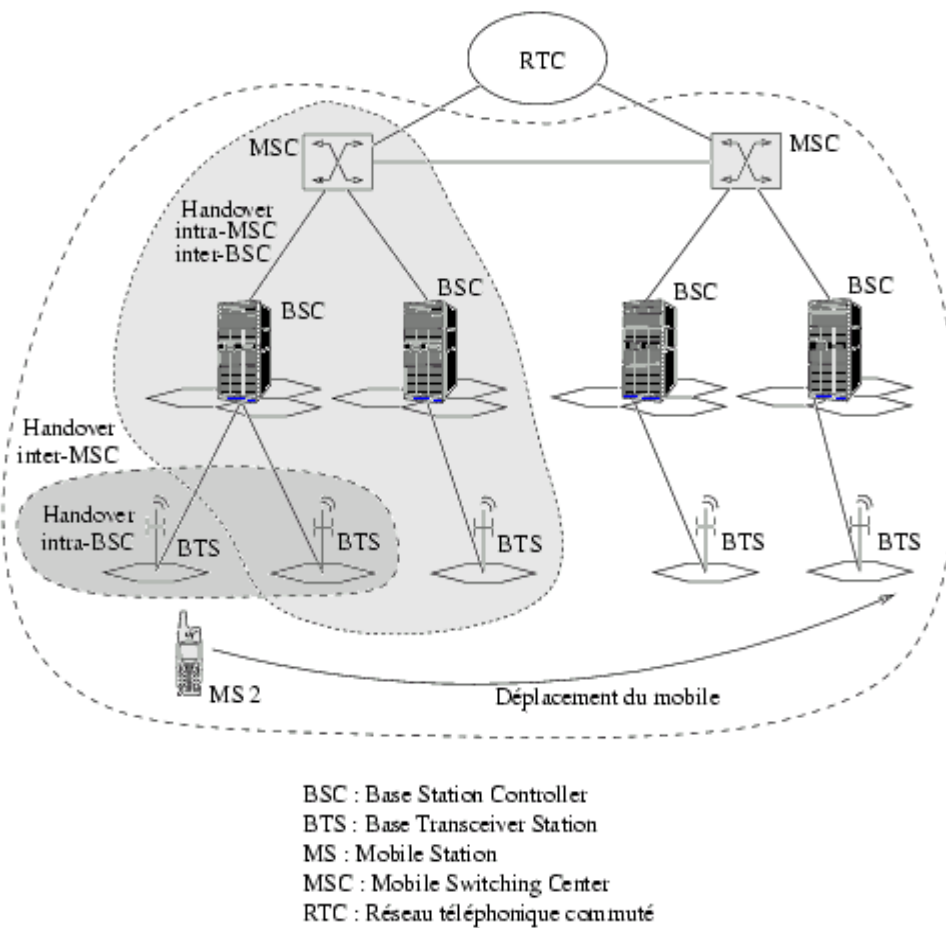


Figure II.7 : différents types du Handover.

II.8.1.4. Le processus du Handover : [14]

Le processus du Handover peut être divisé en trois étapes : initiation, décision et exécution.

1. La phase d'initiation du Handover :

Elle est déterminée par des conditions spécifiques comme la qualité du signal, la disponibilité d'un point d'accès alternatif, etc.

2. La phase de décision :

La décision de s'attacher à un nouveau point d'accès peut être prise de trois manières différentes : un handover contrôlé par le réseau, un Handover assisté par le terminal mobile et un handover contrôlé par le terminal mobile. Dans les Handovers contrôlés par le réseau, c'est le réseau qui décide selon les mesures effectuées sur les signaux radio envoyés par les terminaux mobiles. Puisque cette solution est complètement centralisée, elle nécessite une puissance considérable de calcul. Elle est aussi pénalisée par l'absence d'une connaissance sur les conditions récentes de chaque terminal.

Afin d'épargner le réseau de la complexité de la tâche, le Handover assisté par le terminal mobile permet au terminal d'effectuer les mesures et au réseau de prendre les décisions.

Dans un Handover contrôlé par le terminal mobile, le terminal possède l'autorité et l'intelligence pour décider selon ses propres mesures. Cette solution a l'avantage d'être distribuée mais elle a des impacts sur la stabilité et la sécurité du réseau.

3. La phase d'exécution :

L'exécution d'un Handover exige un échange de signalisation pour rétablir la communication et réacheminer les paquets de données via le nouveau point d'attachement.

II.8.2. La localisation (Roaming):[3]

L'itinérance englobe toutes les fonctions du réseau mobile permettant de localiser géographiquement un abonné. Cette procédure joue un rôle très important puisqu'elle permet d'acheminer les communications de/vers un usager du réseau. En effet, contrairement aux réseaux fixes, où un numéro de téléphone correspond à une adresse physique, un numéro de terminal mobile possède une adresse logique à laquelle il faut faire correspondre une adresse physique qui varie lors des déplacements.

La méthode de localisation la plus répandue actuellement divise l'ensemble des cellules en zones de localisation. Le réseau doit connaître en permanence la zone dans laquelle se trouve

le mobile. Ainsi, dès la mise sous tension du terminal, le réseau enregistre sa localisation actuelle dans une base de données. Pour mener à bien cette gestion, le réseau maintient généralement deux types de bases de données :

- Une base de données principale nommée HLR (*Home Location Register*), qui stocke les informations de tous les abonnés du réseau (noms, droits d'accès, etc.). La recherche de l'abonné commence toujours par cette base.
- Plusieurs bases de données visiteurs nommées VLR (*Visitor Location Register*). Il existe une base de données de ce type par zone de localisation. Chaque VLR recopie du HLR.

Les informations concernant les abonnés se trouvant dans sa zone de localisation.

Conclusion :

Les technologies 3G sont au sommet de leurs performances et l'UMTS en constitue l'un des exemples les plus réussis. Grâce à sa vitesse accrue de transmission de données, l'UMTS ouvre la porte à des applications et services nouveaux. Il permet en particulier de transférer en temps réel des contenus multimédia tels que les images, le son et la vidéo.

Après avoir présenté la technologie de l'UMTS, nous pouvons dès à présent détailler comment se fait l'admission des appels en citant les différentes techniques utilisées et on se penchera sur le contrôle d'admission d'appels.

III.1. Introduction :

Les demandes en transmissions sans fils fournissant des communications fiables de voix et de données ont crû massivement ces dernières années. Contrairement aux réseaux filaires, plusieurs problèmes tels que le contrôle d'admission d'appels, l'allocation des ressources, la gestion de la localisation et le routage sont plus difficiles à résoudre et doivent leur complexité aux imperfections du support sans fil.

Qualité de service (QoS) dans les réseaux sans fil est un problème difficile en raison de la rareté des ressources sans fil. Appelez le contrôle d'admission d'appels ; le (CAC) est un mécanisme fondamental utilisé pour l'approvisionnement en QoS dans un réseau. Il restreint l'accès au réseau afin d'éviter l'encombrement de celui-ci et la dégradation du service pour les utilisateurs déjà pris en charge. Une nouvelle demande d'établissement d'appel est acceptée s'il existe des ressources suffisantes pour répondre aux exigences de qualité de service de ce nouvel appel, sans violer la qualité de service pour les appels déjà acceptés.

III.2. Présentation :

L'algorithme de CAC a pour charge d'accepter ou de refuser une demande d'établissement de connexion, selon qu'il estime pouvoir ou non garantir la qualité de service nécessaire au bon fonctionnement de chaque connexion au réseau (connexions existantes et nouvelle connexion).

Il n'existe pas de normalisation des procédures du CAC. Chaque opérateur (ou contributeur) est libre de baser son algorithme sur les hypothèses de trafic qu'il estime proches du cas réel [26].

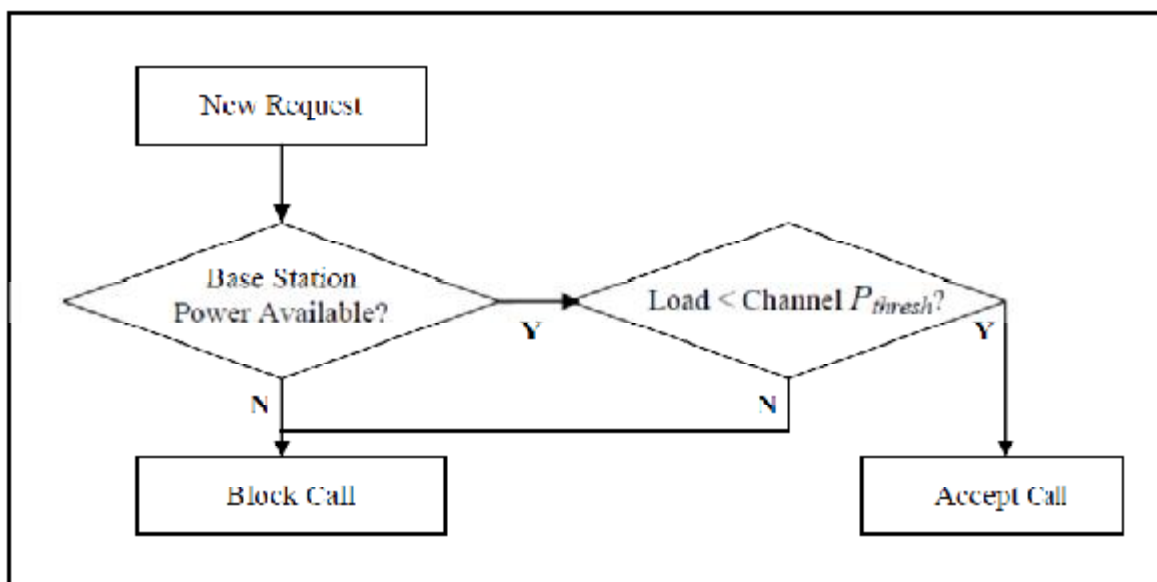


Figure III.1 : processus d'admission d'appels.

III.3. les approches de contrôle d'admission:[16]

Classer les approches de contrôle d'admission est une tâche difficile et subjective due à la diversité des paramètres impliqués dans ce processus. Dans ce qui suit, nous identifions les différents aspects liés directement à la fonction de contrôle d'admission. Les caractéristiques que nous avons identifiées lors de notre étude sont les suivantes :

- **La nature du réseau :**

Cet aspect identifie le modèle du réseau sur lequel s'applique le contrôle d'admission. Ce réseau peut être défini pour des architectures multiservices ou à service unique (best effort). Cet aspect couvre aussi la portée de la fonction de CAC qu'elle soit à l'intra-domaine, à l'inter-domaine ou de bout en bout.

- ***Le type de service :***

Il dépend étroitement du niveau de garantie requis par le service. La terminologie utilisée pour distinguer les types de services ainsi que leur niveau de garantie n'est pas toujours la même : il est soit déterministe, stochastique ou prédictif,

- ***La localisation de la prise de décision :***

Elle identifie l'aspect centralisé ou décentralisé du processus d'admission d'appel. Ceci peut être accompli en identifiant les différents nœuds impliqués dans la fonction CAC ainsi que leur rôle. Par exemple, un nœud peut juste avoir le rôle de prise de décision afin d'admettre un nouveau flux ou non, comme il peut juste collecter des informations de réservations à partir d'autres nœuds. Deux facteurs importants sont à étudier avant de favoriser une approche par rapport à une autre, à savoir :

- Ø Le taux des informations à stocker et à manipuler dans le cas des architectures centralisées.
- Ø Les mécanismes de coordination à implémenter et à gérer dans le cas des architectures décentralisées.

- ***La nature de l'algorithme d'admission d'appel :***

Cet aspect identifie la façon avec laquelle la décision d'admission d'appel est prise. L'algorithme de CAC peut être basé sur des paramètres, sur des mesures, sur des politiques ou sur une combinaison de ces trois critères (hybride). Cet aspect sera étudié avec plus de détails.

Ainsi, sur la base de tous les points énoncés précédemment, la performance globale d'une approche d'admission d'appel peut être caractérisée de la façon suivante :

- Ø La capacité de garantir le contrat de qualité de service,
- Ø L'efficacité de l'utilisation des ressources pour les niveaux de service fournis,
- Ø La complexité introduite par le processus d'admission d'appel en termes de temps de calcul et espace de stockage,
- Ø La facilité de déploiement.

III.4. Les mécanismes du contrôle d'admission d'appels:[17][16]

Établir les critères de décision d'une fonction d'admission d'appel consiste à définir un ensemble de règles qui conduisent à l'acceptation ou au refus des demandes de connexion. Les mécanismes de contrôle d'admission peuvent se diviser en plusieurs catégories principales.

Ø *Local-based CAC* :

Ce type d'admission fonctionne sur la passerelle de sortie du réseau et est basé sur de l'information locale. Par exemple, il peut s'agir d'une limitation en termes de circuits DSO. Il peut également s'agir d'une configuration statique limitant le nombre de connexion de type VoiP. Par exemple, pour un appel à destination local, n'importe qui peut appeler n'importe quand avec n'importe quel code. Pour les appels à destination extérieure, la commande *max-conn* permet de limiter le nombre d'appels autorisés en fonction de la destination. Le contrôle d'admission basé sur les paramètres peut être déterministe ou stochastique :

- § Dans le premier cas, les pires scénarios sont considérés, engendrant ainsi une sous-utilisation des ressources du réseau.
- § D'un autre coté, les approches stochastiques reposent généralement sur la notion de largeur de bande effective.

L'approche *Local-Based* est limitée et ne permet pas de tenir compte des ressources du réseau.

Afin de tenir compte de l'état du réseau, les autres types de contrôle d'admission doivent utiliser une stratégie leur permettant de connaître l'état du réseau.

Ø *Ressource-Based CAC* :

Il détermine les ressources nécessaires et vérifie la disponibilité de celles-ci. Ce type de contrôle d'accès calcule les ressources disponibles à l'aide d'une architecture complexe (*Calculation-Based*) et sur le calcul de valeurs limites qui affecteraient la qualité de service. L'appel est accepté si l'utilisation des ressources en résultant ne dépasse pas les valeurs limites qui ont été calculées. Dans la catégorie *Ressource-Based* se trouve également les contrôles d'accès de type *Reservation-Based*. RSVP et ATM sont deux technologies supportant ce type de contrôle d'admission. Bien que ce type de contrôle d'accès soit le seul permettant de garantir une qualité de service jusqu'à la fin d'un appel, elle peut difficilement être mise à l'échelle due à la multitude d'états générés par chaque appel.

L'un des algorithmes les plus connus de cette approche est le FCAC.

L'algorithme floue : [25] [3]

L'algorithme FCAC (Fuzzy CAC) base son système d'inférence sur l'observation de l'état de congestion d'une cellule, de son interférence totale et de sa charge disponible (i.e. la charge des connexions temps réel ôtée de la charge supportée par la cellule).

Pour chacune de ces variables, une partition floue est construite et les connaissances expertes permettent d'en déduire une table de règles floues autorisant l'inférence sur les valeurs d'entrée.

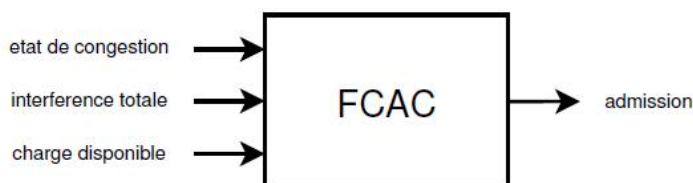


Figure III.2 : Entrées et sortie du FCAC.

En limitant le trafic à des communications vocales, FCAC parvient à produire des taux de blocage et de terminaison forcée P_b et P_{ft} inférieurs à ceux de ICAC et ACAC que nous présenterons dans ce qui suit. En trafic mixte, c'est ACAC qui, privilégiant le mode vocal, obtient le taux de blocage le plus bas. Par contre, FCAC obtiennent une meilleure allocation de ressources (débit moyen plus élevé en données, et taux de rejet plus bas en vocal) : à trop privilégier la voix, ACAC finit par augmenter les délais des transferts de données.

Cette approche n'étant pas adaptée aux réseaux hiérarchiques. A cet effet, il est possible de combiner les avantages de la logique floue (structures de contrôle linguistiques), et des réseaux de neurones (apprentissage). Une combinaison plus connue sous le nom du « *CAC à mémoire associative floue* ».

Le CAC à mémoire associative floue propose d'utiliser soixante-quatre règles floues : cette complexité des règles nuit à la lisibilité du système, au contraire des trois variables d'entrée du (FCAC) qui ne produisent que dix-huit règles floues aisément interprétables par un humain. Mais cette approche reste lourde.

Ø *Measurement-Based CAC :*

Ses mécanismes de contrôle d'accès obtiennent de l'information relative au réseau en étudiant la transmission de paquets. Des paquets sont transmis à la destination, celle-ci retourne les sondes avec des informations telles que le taux de perte, le délai et la variance. Sur la base des ces informations, un calcul de moyenne, d'écart type ou un algorithme complexe de prédiction permet d'accepter ou refuser un nouvel appel. Bien que ce type de contrôle d'admission tienne compte de l'état du réseau, il ne permet pas de garantir la qualité de service pour la durée de l'appel.

Ces approches sont qualifiées de solutions actives car elles injectent du trafic de contrôle dans le réseau pour réaliser le contrôle d'admission. Ce trafic peut,

d'une part, avoir un impact sur les performances des flux existants et, d'autre part, ne donne une indication sur l'état du chemin que sur un intervalle de temps réduit, correspondant au temps d'envoi des paquets de test.

Déterminer les flux peut s'avérer être une tâche coûteuse et difficile pour l'utilisateur et l'opérateur [18].

III.5. Classification des algorithmes du CAC :

Si le CAC ne connaît pas de normalisation, il n'en est pas moins classifiable. L'idée de privilégier les handoffs par rapport aux nouveaux appels est étroitement liée à la frustration engendrée par la terminaison forcée d'un appel, c'est d'ailleurs la raison pour laquelle la probabilité d'échec de handoff rentre dans la mesure de la QoS.

Ainsi, nous pouvons distinguer deux catégories :

1. **Algorithmes sans priorité [16] :** dans lesquels les nouveaux appels et les changements de cellule sont traités de la même manière ;

En W-CDMA, les critères d'admission de nouveaux appels reposent avant tout sur le rapport signal/bruit (ou signal/interférence) de chaque connexion après que la nouvelle connexion ait été activée. Ainsi, nous pouvons distinguer deux approches selon qu'elle favorise ou non la transmission vocale :

- § Dans l'algorithme ICAC (Interférence-based CAC) [25] [29], le système évalue l'interférence totale générée par les utilisateurs de la cellule utile et des cellules voisines. La charge totale de la cellule est ensuite calculée et une nouvelle requête est acceptée si ce facteur de charge η est inférieur au facteur seuil η_{th} prédéfini.
- § Similaire à ICAC mais utilisant une admission à priorité, l'algorithme ACAC (Arrows CAC) [25] proposé par privilégie les communications vocales par rapport au trafic de données. Ainsi, comme dans ICAC, si $\eta < \eta_{th}$ alors la nouvelle requête est admise dans le système. Sinon, si la nouvelle connexion potentielle est vocale, alors on réduit les taux de transfert des connexions « non temps réel » (tout en les maintenant au-dessus de la valeur minimale imposée par la QoS) pour pouvoir admettre la nouvelle connexion dans le système. Si la réduction des débits n'est pas suffisante, alors le nouvel appel est rejeté et les taux de transfert restent inchangés.

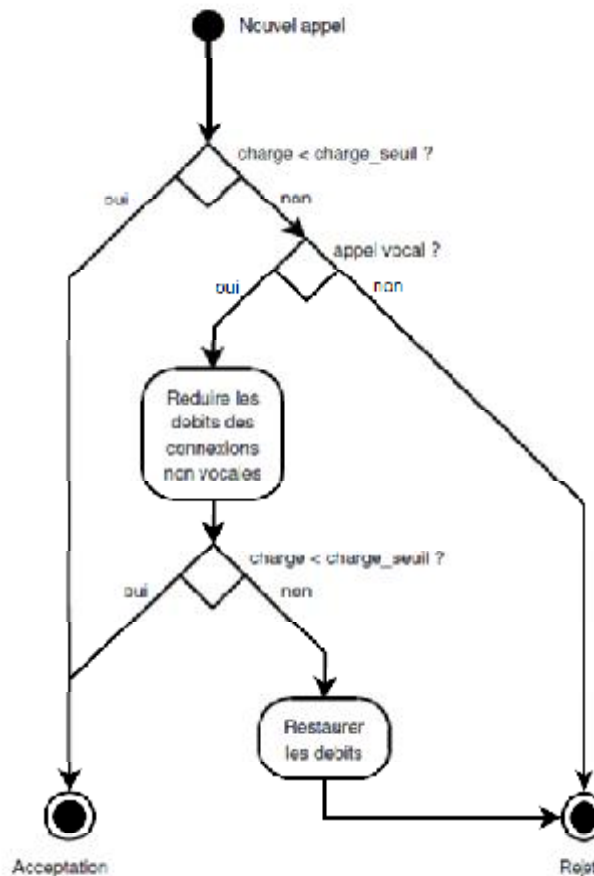


Figure III.3 : Traitement d'une requête par l'algorithme ACAC.

Dans cette approche dite classique où il n'y a pas de priorité établie entre les nouveaux appels et les appels Handoffs, le passage intercellulaire ne reste pas invisible à l'utilisateur, ce qui nuit considérablement à la qualité de service offerte par l'opérateur.

2. Algorithmes avec priorité : [33]

Dans lesquels les changements de cellules sont plus prioritaires par rapport aux nouveaux appels;

Dans cette section nous étudierons les différentes priorités des appels Handoff. Nous distinguerons deux approches avec et sans réservation, ce dernier est considéré comme l'une des techniques les plus performante.

a. Sans réservation :

Dans cette section on citera dans ce cas *channel borrowing schemes* (l'emprunt des canaux), *queueing channel schemes*.

- **Channel borrowing schemes :**

Dans ce schéma d'emprunt de canaux, une cellule qui a utilisé tous les canaux qui lui sont assignés peut emprunter des canaux libres qui se trouvent dans les cellules adjacentes pour maintenir la communication. Un canal peut être emprunté par une cellule si le canal emprunté n'interfère pas avec les cellules existantes. Quand un canal est emprunté, plusieurs autres cellules sont habilitées à l'utiliser. Ce ci est appelé un canal bloqué et il a un grand impacte sur les performances du channel borrowing schemes. Le nombre de ces cellules dépend de la cellule désignée et de l'allocation initiale du canal. Dans l'exemple suivant les canaux empruntés sont bloqués dans trois cellules adjacentes.

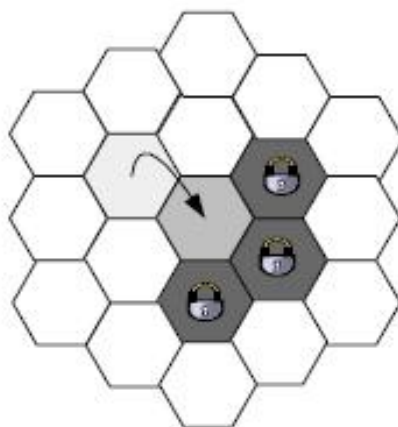


Figure III.4 : canal bloqué

- **Call queueing schemes :**

La mise en file d'attente d'appel Handoff, se fait quand il n'y a aucun canal valide qui réduise la probabilité de l'abandon lors de l'augmentation du blocage des nouveaux appels. Si une requête Handoff trouve tous les canaux de la cellule désignée occupés alors il peut être mis en file d'attente. Si un canal se libère il est directement assigné au Handoff mis en tête de la file d'attente. La file d'attente peut être faite en combinant les nouveaux appels et les appels Handoff.

Le temps d'attente tolérable est un paramètre important. La performance des systèmes de files d'attente est affectée par le reniement de nouveaux appels en file d'attente en raison des appels d'urgence (appel impatient) et l'abandon des appels en file d'attente d'appel Handoff qui se déplacent hors de la zone de transfert après que le transfert est été effectué avec succès.

b. Avec réservation :

i. Systèmes de réservation statique : [28]

La notion de Guard Channel (canal de garde) est introduite dans les années 80 comme un mécanisme contrôle d'admission d'appel pour donner la priorité aux appels Handoff. Un ensemble de canaux appelés canaux de garde sont réservés en permanence pour ces derniers.

Considérons un réseau cellulaire avec C canaux dans une cellule donnée. Guard channel schemes (GC) réserve un sous-ensemble de ces canaux, notons $C - T$, pour les appels handoff. Chaque fois que l'occupation de la voie dépasse un certain seuil T , GC rejette les nouveaux appels jusqu'à ce que l'occupation du canal passe sous le seuil.

L'état d'une cellule est défini par le nombre de canaux occupés dans la cellule. Par conséquent, l'occupation des canaux de la cellule peut être modélisée par une chaîne de Markov en temps continu avec C états.

Cependant, lorsque les temps moyens de résidence de cellule pour les nouveaux appels et les appels de transfert intercellulaire sont significatifs, le modèle traditionnel de la chaîne de Markov à une dimension ne peut pas être approprié et un modèle de Markov à deux dimensions doit être appliqué ce qui est plus compliqué.

Une autre variante du schéma de base GC est connu comme canal de garde fractionnée (FGC). Chaque fois que l'occupation du canal dépasse le seuil T , la politique de GC est à rejeter de nouveaux appels jusqu'à ce que l'occupation du canal passe sous le seuil. Dans la stratégie de récupération fractionnée, de nouveaux appels sont acceptés avec une certaine probabilité qui dépend de l'occupation du canal actuel. Ainsi, nous avons un paramètre aléatoire qui détermine la probabilité d'acceptation d'un nouvel appel. Notez que les deux politiques GC et FGC acceptent les appels Handoff aussi longtemps que il ya des canaux libres. Un des avantages du FGC sur GC est qu'elle distribue les appels nouvellement acceptés de manière uniforme au cours du temps ce qui conduit à un contrôle plus stable.

Un paramètre critique dans ce schéma de base est le nombre optimal de canaux de garde. En fait, il existe un compromis entre la minimisation de P_d et P_b où P_d est la probabilité de rejet d'appel et P_b est la probabilité de blocage d'un appel. Si le nombre de canaux de garde est choisi avec conservation alors le contrôle d'admission ne satisfait pas à la P_d spécifiée. Une réservation statique se traduit généralement par une mauvaise utilisation des ressources.

ii. Systèmes de réservation dynamique :

Pour faire face aux problèmes des systèmes de réservation statique, plusieurs systèmes de réservation dynamiques ont été proposés dans lesquels le nombre optimal de canaux de protection est ajustée dynamiquement en fonction de la charge du trafic observé et le taux de chute. Si le taux de chute est observé au-dessus de la P_d garanti, le nombre de canaux réservés est augmenté. D'autre part, si le taux de chute courant est bien inférieur à la cible P_d , alors le nombre de canaux réservés est diminué. La section suivante étudie les systèmes de réservation dynamiques.

Il existe deux approches dans les systèmes de réservation dynamiques : locale et distribué (collaboration). Dans les régimes locaux, chaque cellule estime l'état du réseau en utilisant l'information locale seulement, alors que dans les régimes distribués chaque cellule rassemble des informations sur l'état du réseau en collaboration avec ses cellules voisines.

ii.1. Le régime local

Nous classons les systèmes de contrôle d'admission locaux dans des programmes réactifs et prédictifs. Par des approches réactives nous nous référons à ces politiques d'admission qui ajustent leurs paramètres de décision, à savoir le niveau de seuil et de réservation, à la suite d'un événement comme l'arrivée d'un appel, l'achèvement ou le rejet. L'approches prédictives se réfère à ces politiques qui permettent de prédire des événements futurs et ajustent leurs paramètres à l'avance pour éviter les dégradations de qualité de service indésirables.

Les systèmes de contrôle d'admission locaux sont très simples, mais ils souffrent de l'absence d'information mondiale sur les changements dans du trafic dans le réseau. D'autre part, les systèmes de contrôle d'admission distribués ont accès à l'information mondiale du trafic au détriment de la complexité de calcul accrue et les frais généraux dus à l'échange d'informations entre les cellules. Pour surmonter la complexité et les frais généraux associés à des systèmes distribués et bénéficier de la simplicité des systèmes d'admission locaux, des systèmes de contrôle d'admission prédictifs ont été proposées. Ces programmes cherchent à estimer l'état global du réseau en utilisant une technique de modélisation/de prédiction basée sur l'information disponible localement.

ii.2. Le régime distribué :

L'idée fondamentale derrière tous les régimes distribués, c'est que chaque terminal mobile avec une connexion sans fil actif exerce une influence sur les cellules à proximité de son emplacement actuel au long de sa direction de voyage. Un groupe de cellules qui sont géographiquement proche ou logiquement, ensemble, forment un cluster, comme le montre la Figure ci dessous. Soit chaque

terminal mobile dispose de son propre cluster indépendamment d'autres terminaux ou tous les terminaux dans une cellule partagent le même cluster. Typiquement, la décision d'admission pour une demande de connexion est effectuée en coopération avec d'autres cellules du cluster associé au terminal mobile qui sollicite l'admission. Dans la *Figure III.5(a)* un cluster est défini en supposant qu'un terminal affecte toutes les cellules dans le voisinage de sa position actuelle et le long de sa trajectoire, tandis que dans la *Figure III.5(b)* il est supposé que les cellules qui forment un secteur dans le sens de la trajectoire du terminal mobile sont les plus susceptibles d'être affectés (visités) par le terminal. Et, la *figure III.5(c)* montre un amas statique qui est fixé indépendamment de la mobilité du terminal.

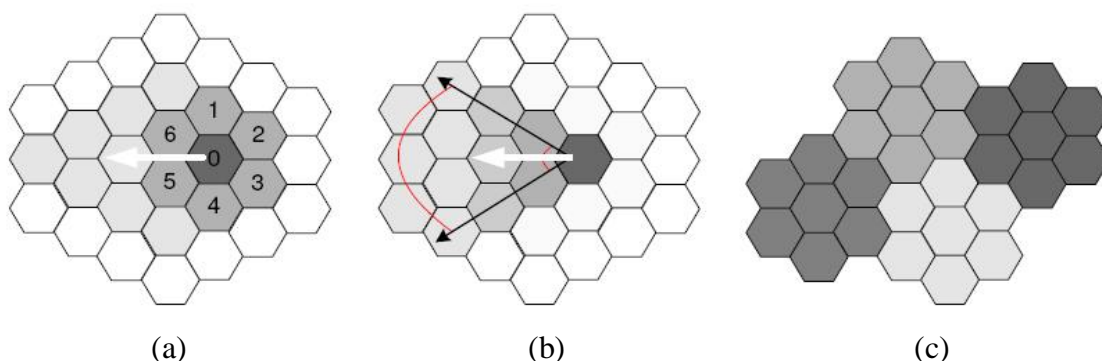


Figure III.5 : exemples du cluster.

Le contrôle d'admission d'appel distribué (DCAC) rassemble périodiquement des informations, à savoir le nombre d'appels actifs, à partir des cellules adjacentes de la cellule locale et prend la décision d'admission en combinaison avec les informations locales. DCAC est très restrictif dans le sens où il prend en considération les informations des voisins directs seulement et prend au plus un transfert au cours de la période de contrôle. Il a été démontré que DCAC n'est pas stable et porte atteinte à la probabilité de chute nécessaire lorsque la charge augmente. Une version plus complexe du DCAC original est basée sur le concept de cluster de l'ombre, elle utilise des clusters dynamiques pour chaque utilisateur en fonction de son profil de mobilité au lieu de se limiter (comme DCAC) aux voisins directs. En plus de sa complexité et des frais généraux il nécessite une connaissance précise de la trajectoire mobile.

Classification des Systèmes Distribués :

CAC distribués est généralement classé selon la définition des clusters :
 Un cluster peut être statique ou dynamique. Dans l'approche statique, la taille et la forme du cluster est la même quelle que soit la situation du réseau. Dans l'approche dynamique cependant, la forme et/ou la taille du cluster changent en fonction des caractéristiques du niveau de congestion et de circulation. Un amas d'ombre est défini

pour chaque terminal mobile individuel sur la base de ses informations de mobilité, par exemple, trajectoire, et les changements quand le terminal se déplace. Le tableau III.1 Montre un compromis entre le type de cluster et la performance du CAC correspondant.

Cluster type	CAC efficiency	CAC complexity
Static	Moderate	Moderate
Dynamic	High	High

Tableau III.1 : comparaison entre les types de clusters.

En général, les CAC distribués peuvent être classés en implicite ou explicite basé sur l'implication des cellules dans le processus de prise de décision :

1) Approche implicite :

Dans cette approche, toutes les informations nécessaires sont recueillies à partir d'un ensemble de cellules voisines, mais le traitement est local, en effet la décision finale est prise au niveau du contrôleur du réseau.

2) Approche explicite:

Dans cette approche, non seulement l'information est recueillie à partir des cellules voisines, mais aussi les cellules voisines sont impliqués dans le processus de prise de décision. Dans ce schéma, dès l'admission d'un nouvel appel, toutes les cellules du cluster correspondantes calculent une réponse préliminaire qui après traitement par la cellule d'origine constituera la décision finale.

CAC scheme		Efficiency	Overhead	Complexity	Adaptivity
Local	Reactive	Low	Low	Low	Moderate
	Predictive	Moderate	Low	Moderate	Moderate
Distributed	Implicit	High	Very High	High	High
	Explicit	High	High	Very High	High

Tableau III.2: comparaison entre l'approche locale et distribuée du CAC

Bien qu'il soit théoriquement possible de faire participer toutes les cellules du réseau dans le processus de contrôle d'admission, il est coûteux et parfois inutiles dans la pratique.

Le contrôle d'admission d'appels adaptatif(Ad_CAC) : [17] [19] [30] [35]

Le système combiné a été conçu pour intégrer un contrôle Adaptive d'admission des appels (CAC), et une stratégie d'équilibrage de charge pour réduire encore la probabilité de blocage d'un nouvel appel (PNRC) et la probabilité de chute d'un appel Handoff (de HC DP). L'entrée dans le système (c.-à- appels) est amenée à passer à travers la partie CAC du régime combiné où les appels sont soit rejetés ou acceptés en fonction des disponibilités de la bande passante qui dépend de l'état du système du réseau.

La première partie du programme CAC contient plusieurs algorithmes. Le Ad-CAC contrôle l'admission des appels dans le système du réseau, règle et rétabli la largeur de bande du réseau à un niveau suffisamment élevé pour soutenir le traitement des appels. Il déclenche un algorithme dégradation de la bande passante dans un événement de communication acceptée et l'algorithme rétablissement de la bande passante quand il ya un appel de transfert sortant ou l'achèvement d'une communication dans la cellule donnée.

La seconde partie consiste en une politique du régime combiné proposé qui utilise une implémentation de l'algorithme du plus court chemin pour trouver les BTS les plus appropriés (ou cellule) pour transférer l'appel.

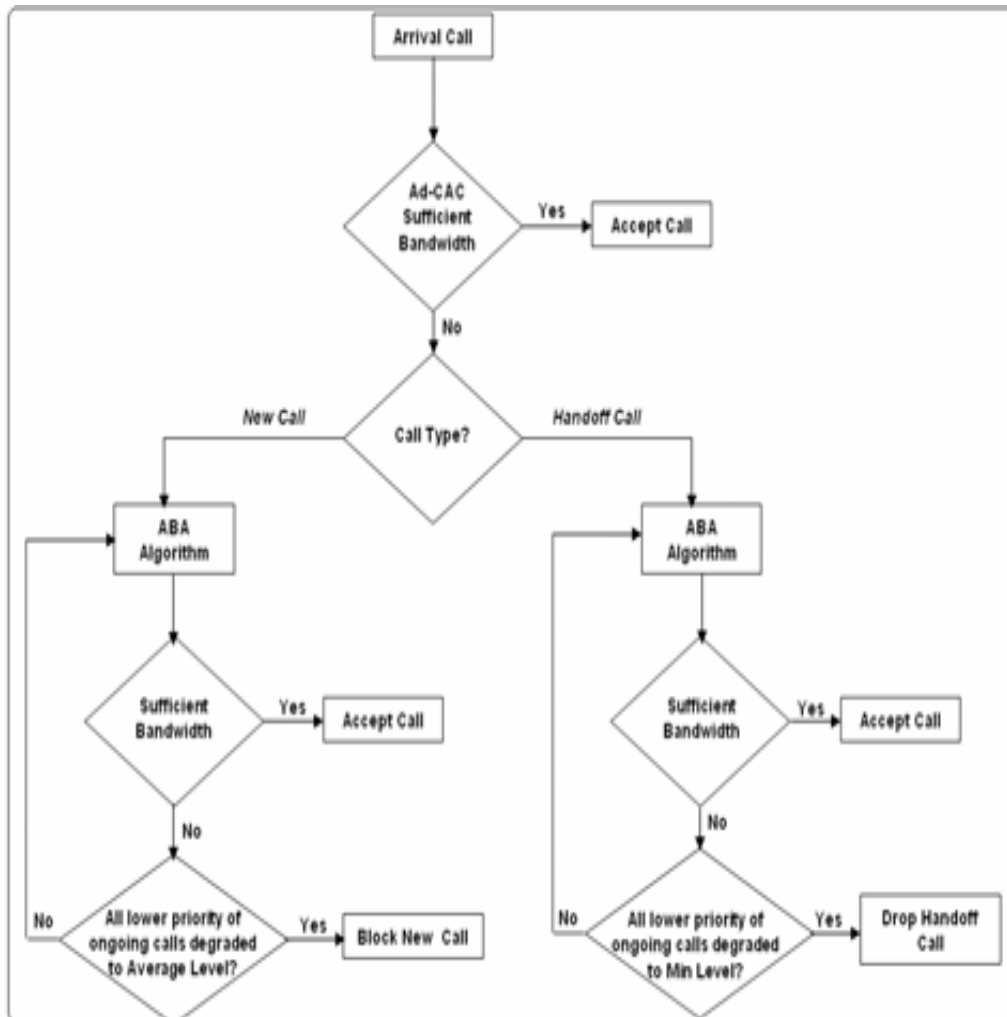


Figure III.6 : Algorithme de contrôle d'admission d'appels adaptatif (Ad_CAC).

Le système combiné satisfait l'exigence de «temps de réaction», car il réagit rapidement à l'aide de sa composante de dégradation de la bande passante pour ajuster l'état du système de réseau. Cependant, il est robuste en raison du fait qu'il garde le système du réseau à commande pendant une longue période avec le moins de nombre d'appels abandonnés. Ceci démontre directement une augmentation de l'efficacité du système et stabilise en outre la performance du réseau.

Le régime permet de maintenir aussi l'équité entre tous les appels utilisés comme élément de charge dans le sens où la priorité est donnée aux appels en cours (surtout les appels de transfert intercellulaire) sur les appels nouvellement créées qui sont encore à entrer dans le système.

Contrôle d'admission d'appel

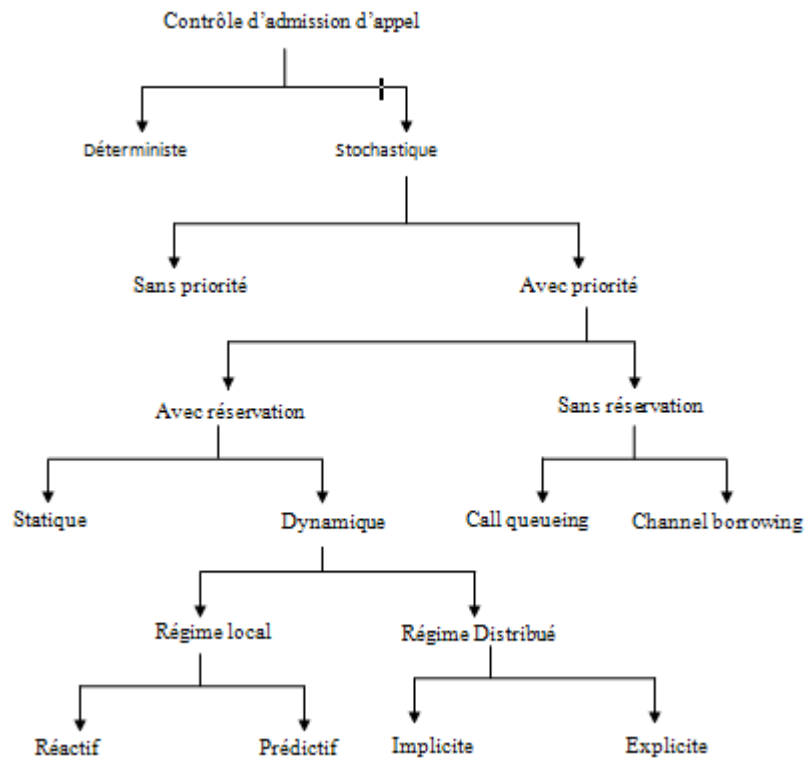


Figure III.7 : Classification des Algorithmes CAC.

Conclusion :

Au cours de ce chapitre nous avons présenté les différentes techniques d'admission d'appels proposées connus jusqu'à ce jour, et parvenus à leurs classification selon différents paramètres.

Dans certaines de ces propositions, la politique qui doit être suivie par le gestionnaire de ressources, de chaque cellule, est celle où un certain nombre de canaux radios sont exclusivement réservés pour les Handoffs. Cette politique est optimale lorsqu' on considère une seule classe de trafic (i.e. appel téléphonique).

Toutefois, dans un contexte multiservices, cette politique n'est pas optimale. Nous proposons dans la suite de cette recherche une approche pour tenter d'améliorer ces résultats en ayant recours à une file d'attente dynamique.

IV.1 : Introduction :

Nous avons vu au cours du chapitre précédents que les contrôleurs d'admission des appels peuvent être divisés en plusieurs catégories, et après avoir donné les différentes classifications de ses algorithmes nous avons mis au clair leurs avantages et inconvénients.

Durant nos recherches, nous avons constaté qu'au cours de ces dernières années l'approche la plus répandue consiste à différencier entre les appels inter et intra cellulaire et de favoriser les communications intercellulaires (Handovers) aux nouveaux appels, que se soit par réservation des ressources ou par emprunt des canaux ou autres techniques. Ce n'est que dans le CAC adaptatif que nous avons vu apparaître la classification des nouveaux appels en six groupes d'applications aux quels des priorités ont été attribuées.

Dans le chapitre suivant que nous présentons, nous avons tenté d'élaborer un contrôleur d'admission qui tient compte de ces groupes d'applications pour parvenir à améliorer le taux d'admission des nouveaux appels dans un réseau de télécommunication 3G et surtout de garantir une connexion à tout moment aux communications les plus privilégiées.

IV.2 : Objectifs de notre approche :

Au cours des dernière années, des recherches intensives ont été faites et divers programmes en fonction des priorités du Handoff ont été étudiés pour donner une plus grande priorité aux connexions de transfert intercellulaire sur les nouvelles connexions. Dans notre approche nous tenons compte de la priorité selon le type d'application des appels (appel vocal, transfert de données...etc.) et les nouveaux appels sont traités de la même manière que les transferts intercellulaires.

La conception de la solution proposée est adaptée pour atteindre les objectifs suivants:

- l'établissement d'un mécanisme de priorité pour les différents groupes d'applications d'appels;
- élaborer un cadre pour gérer les différents groupes d'application au lieu de gérer les différents types du trafic comme proposé dans la plupart des recherches en cours;
- favoriser les appels de plus haute priorité ;
- réduire l'échange d'informations entre les stations de base;

IV.3 : Présentation de notre solution :

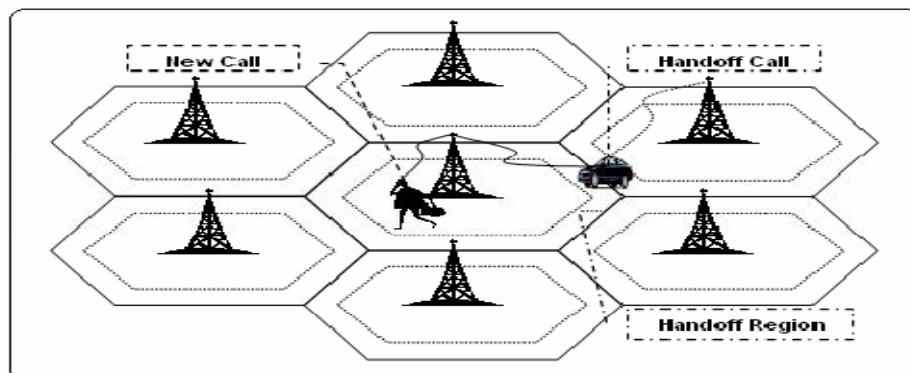


Figure IV.1. Ensemble de cellules dans un réseau 3G.

Nous supposons une architecture d'un réseau mobile de troisième génération composé de stations de base reliées entre elles où s'effectue le contrôle d'admission des appels (Fig IV.1). Les mobiles pourront être classés selon le groupe d'application auquel ils appartiennent, dans notre classement nous nous sommes inspiré de la classification proposé dans le CAC adaptatif [19], on distingue alors six groupes d'applications:

1. Service vocal et téléphone audio ;
2. Vidéo et vidéo conférence ;
3. Interactive, multimédia et vidéo sur demande ;
4. Email, SMS et fax ;
5. Connexion et données à la demande ;
6. Transfert de fichier et service de récupération ;

Les six groupes d'applications sont soigneusement choisis pour une simulation; ils sont vus dans la circulation typique des réseaux sans fil, leurs valeurs de paramètre respectives sont choisies dans le Tableau IV.1. Ces valeurs représentent étroitement un scénario réaliste.

Groupe d'application	Priorité	Bande passante moyenne nécessaire
Service vocal et téléphone audio	1	30 Kbps
Vidéo et vidéo conférence	2	256 Kbps
Interactive, multimédia et vidéo sur demande	3	3 Mbps
Email pagination et fax	4	10 Kbps
Connexion et données à la demande	5	512 Kbps
Transfert de fichier et service de récupération	6	5 Mbps

Tableau IV.1. Caractéristiques des groupes d'applications.

IV.3.1: Principe du contrôle d'admission proposé :

Dans le contrôle d'admission classique, on procède à la vérification des ressources disponibles à chaque nouvelle requête de connexion, le CAC vérifie si les ressources sont suffisantes pour accepter le nouvel appel, dans le cas échéant l'appel est rejeté sans tenir compte d'autres paramètres que la bande passante. Pour notre approche, le contrôle d'admission effectue la vérification de la disponibilité des ressources mais contrairement au CAC classique, au lieu de rejeter directement l'appel faute d'insuffisance de ressources ; il cherche dans la cellule les appels en cours de priorité inférieure à celle du nouvel appel et procède à une nouvelle vérification : si la libération des ressources des appels en cours de priorité inférieure au nouvel appel permettra à ce dernier de disposer de suffisamment de ressources pour communiquer alors il les met dans une file d'attente dynamique. Par exemple si le nouvel appel est de priorité 3 et que nous avons trois appels de priorité 4 et un de priorité 5 en communication alors on vérifie si la libération des ressources de l'appel de priorité 5 est suffisante pour accepter le nouvel appel, sinon on passe aux appels de priorité 4 et on teste pour si la libération d'un seul appel de priorité 4 est suffisante pour accepter le nouvel appel sinon on teste pour la libération des ressources occupées par deux appels de priorité 4 ...etc. si la bande passante nécessaire pour l'établissement de la connexion reste supérieure à celle disponible dans la cellule alors le nouvel appel est mis en file d'attente dynamique et les appels de priorité 4 et 5 sont maintenus en communication.

Pour une meilleur exploitation des ressources, si un appel de priorité 4 tente de se connecter et que les ressources sont suffisantes, il sera accepté malgré que l'appel de priorité 3 est en attente (car les ressources exigées pour une connexion de l'appel de priorité 3 sont nettement plus élevées que celle de notre dernier appel)

IV.3.2: La gestion de la file d'attente :

Pour la gestion de la file d'attente elle se fait de façon dynamique, à l'arrivée d'un appel on le positionne selon sa priorité mais il doit rester en dernière position par rapport aux appels de même priorité que lui, la figure suivante illustre l'arrivée d'un appel en fil d'attente.

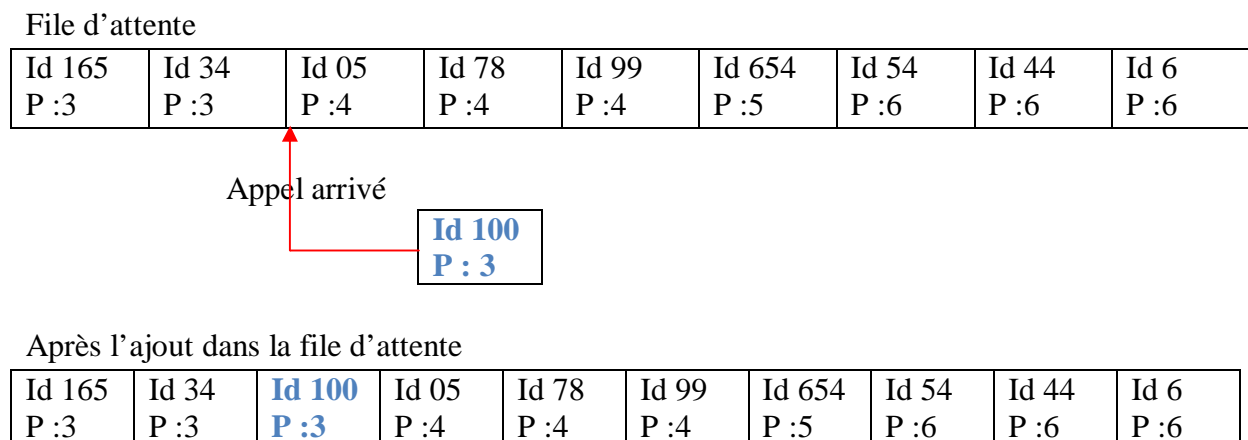


Figure IV.2 : Mise en file d'attente d'un appel.

La file d'attente sera réveillée dans deux cas possibles ; le déplacement d'un usager vers une autre cellule ou la fin d'un appel en cours. Dans les deux situations les ressources disponibles de la cellule seront augmentées.

En réveillant la file d'attente on récupère son entête (qui aura la plus haute priorité de la file) et tente d'établir une connexion au réseau en tenant compte des ressources ainsi que de la priorité des appels comme auparavant. Mais si les ressources demeurent insuffisantes, on parcourt la file à la recherche d'appel de priorité moindre à lui pour tenter à nouveau l'établissement de la connexion et ce pour exploiter au mieux les ressources de notre réseau.

IV.3.3: Avantages de la solution proposée :

Dans l'approche que nous avons tentée les mérites de la réduction du taux de rejet d'appel revient à l'introduction du concept de priorité par groupe d'applications ainsi qu'à la file d'attente dynamique ; en effet en tenant compte du groupe d'application des nouveaux appels un appel peut communiquer même si à l'instant de l'émission de sa requête de connexion les ressources du réseau étaient insuffisantes pour l'accueillir, et ce grâce à la libération des ressources occupées par des appels de moindre priorité, ainsi les appels de haute priorité ont plus de chance d'être admis, un appel téléphonique audio (priorité 1) ne sera mis en file d'attente que si toutes les communications du réseau sont des appels vocaux et qu'il n'y a plus de ressources à allouer.

D'un autre côté au lieu de rejeter l'entrée faute de disponibilité des ressources et grâce à la file d'attente un appel a une chance de communiquer dans les quelques instants qui suivent, car des ressources peuvent se libérer d'un instant à l'autre suite à un déplacement du mobile vers une autre cellule ou à une fin d'appel.

IV.4: Modélisation et simulation :

A fin d'évaluer notre solution, nous avons eu recours à deux simulateurs, le premier étant un simulateur de mouvement basé sur des données réalistes qui nous produit une trace de déplacement d'un ensemble d'utilisateur effectué sur une période déterminée de temps.

Le second simulateur est un simulateur que nous avons implémenté en java, qui en se basant sur les données retournées par le premier simulateur nous donne une trace d'événement (l'arrivée d'un appel, déplacement du mobil ou fin d'appel).

IV.4.1 : Présentation du simulateur de mouvements :

Pour générer une trace de déplacements, nous avons utilisé le simulateur de mouvements. Ce simulateur implémenté en java, repose sur les résultats des statistiques conduites dans la région de Waterloo en 1987 [20] pour reproduire les déplacements journaliers effectués par un ensemble de personnes sur une période déterminée.

Dans ces statistiques, un questionnaire des déplacements journaliers a été rempli par les ménages sur une période de 5 années. Ce questionnaire inclut les détails des personnes Interrogées qui sont groupées en 4 catégories :

1. Employés à plein temps
2. Employés à mi-temps
3. Etudiants ou collégiens
4. Non employés

Catégorie utilisateur	Horaire	Activité précédente	Activité suivante	Probabilité
1	4	8	1	0,351724
1	4	8	2	0,393103
...
1	4	8	8	0,962345
1	4	8	9	1,0000000
1	4	8	2	0,0000000

Tableau IV.2 : matrice de transitions d'activités

Chaque déplacement est associé à une activité ayant engendré ce dernier. Les activités sont classées en 9 catégories :

- | | | |
|-------------------------|-----------------------|-------------------|
| 1. Travail | 2. Relatif au travail | 3. Ecole |
| 4. Passager de service | 5. Achats | 6. Raison sociale |
| 7. Raisons personnelles | 8. Retour à la maison | 9. Autre |

Une activité est caractérisée par l'horaire de début, la durée et la zone dans laquelle l'activité est effectuée (lieu de travail, de l'école, ...etc.). Pour déterminer l'horaire de l'activité, le jour est décomposé en 12 périodes. Les données récoltées du sondage sont ensuite regroupées dans une table dite matrice de transitions d'activités contenant les probabilités de transition d'une activité à une autre en fonction de la catégorie de l'utilisateur et de l'horaire. La table Tab.5.1 donne un aperçu de la matrice de transitions d'activités.

La durée moyenne de chaque activité est également calculée à partir du sondage et regroupée dans une table dite matrice des durées. Elle indique la durée probable d'une activité (en multiples de 5 minutes) en fonction de la catégorie des utilisateurs et de l'horaire. La table Tab.5.2 donne un aperçu de cette matrice.

Les statistiques conduites dans la région de Waterloo ont identifié 235 zones de trafics (zone qui peuvent être la source ou la destination d'un déplacement). Pour modéliser les déplacements à l'échelle de cellule, ces zones ont été groupées en 46 cellules. Les informations topographiques telles que les routes ont été également récoltées et regroupées dans un fichier. Ces informations permettent de déterminer le chemin pris par un utilisateur (à l'échelle de cellules) pour aller d'une source à une destination. La figure Fig.5.1 donne la décomposition en cellules et les chemins existant d'une cellule à une autre.

Catégorie utilisateur	Horaire	Activité précédente	Durée	Probabilité
0	7	6	400	0,974359
0	7	6	460	0,987179
0	7	6	540	1.000000
0	7	7	0	0,125654
0	7	7	5	0,235602
1	7	7	10	0,413613
...

Tableau IV.3 : la matrice des durées.

La figure Fig. IV.2 décrit le fonctionnement du simulateur. Il génère des évènements de déplacements basés sur l'activité des utilisateurs. Le nombre d'utilisateurs ainsi que la durée (en jours) à simuler sont des paramètres externes lus par le simulateur. Au lancement, le simulateur crée l'ensemble des utilisateurs et les distribue sur les 46 cellules. A chaque utilisateur, le simulateur affecte un type (travailleur, étudiant,etc.) ainsi que d'autres informations concernant les lieux de travail, d'étude, d'achats ...etc. (en tenant compte des zones de trafics). L'activité actuelle est initialisée à maison et l'heure actuelle à 8h.

A partir des informations actuelles, le simulateur sélectionne pour chaque utilisateur, l'activité suivante en se basant sur la matrice d'activité (tableau. IV.1). Il sélectionne également la durée de cette activité en se basant sur la matrice des durées. En utilisant les informations topographiques, le simulateur sélectionne le lieu (la cellule) ou l'activité sera effectuée ainsi que le chemin (en termes de cellules traversées) pour atteindre ce lieu. Le simulateur génère ensuite un ensemble d'évènements de déplacements de cellule en cellule jusqu'à atteindre la cellule de destination. A la fin de l'activité (durée simulée), le simulateur sélectionne une nouvelle activité de la même façon que précédemment et le processus est répété jusqu'à la fin de la simulation.

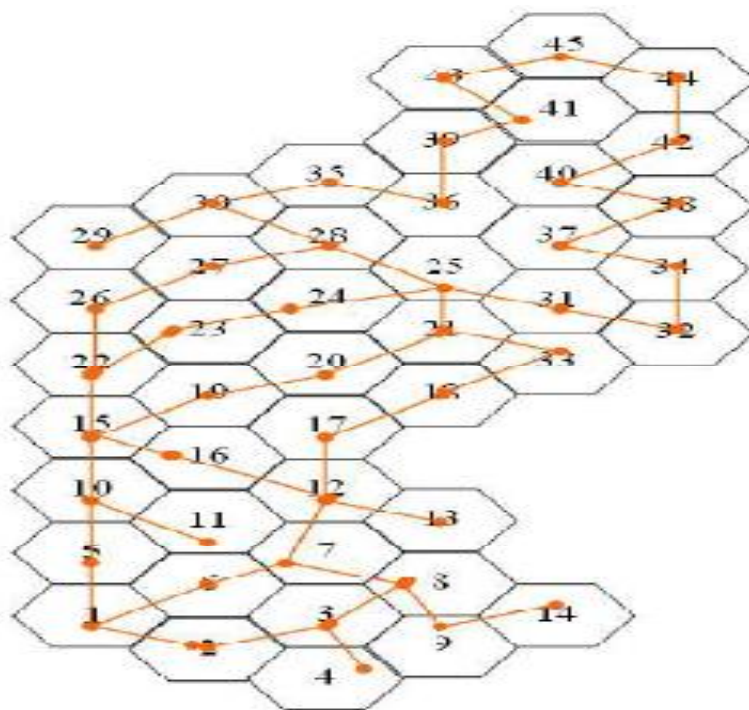


Figure IV.3 : décomposition des cellules

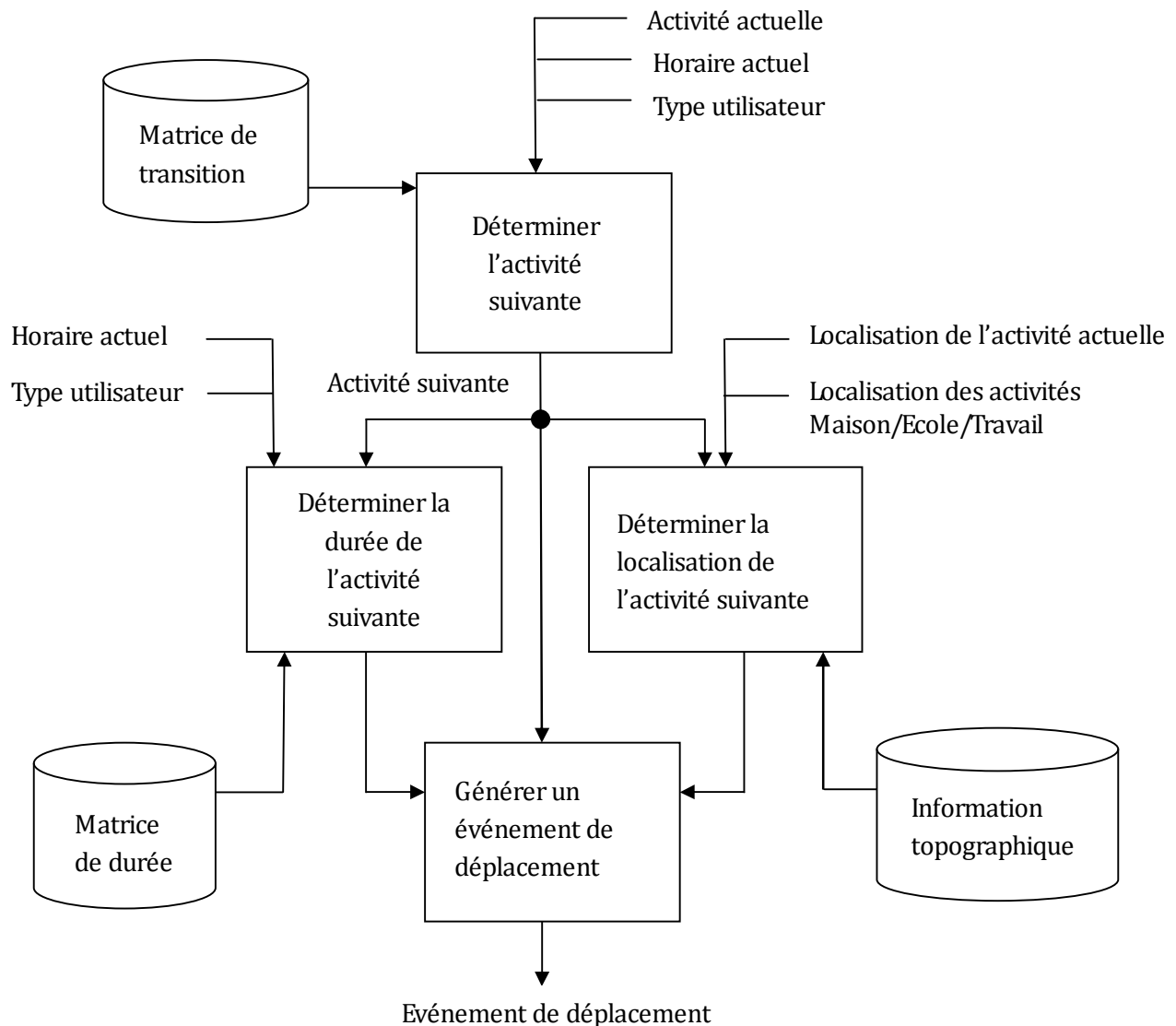


Figure IV.4 : Fonctionnement du simulateur de mouvement

Indépendamment des mouvements des utilisateurs, des appels peuvent être émis par ces derniers. Le simulateur crée des événements d'appels et les insère entre les événements de déplacements. L'arrivée des appels est basée sur une distribution de probabilités empiriques observées sur les périodes de saturation des appels téléphoniques dans la journée. Cette distribution donnée dans la table Tab. IV.3. Un utilisateur a plus de chances de recevoir un appel à 14h qu'à 2h du matin.

Période de la journée	Probabilité d'appel
00 :00 à 08 :00	0,20
08 :00 à 18 :00	0,50
18 :00 à 00 :00	0,30

Tableau IV.4 : probabilité d'appel.

IV.4.2: Présentation du deuxième simulateur :

Etant donné que l'on s'intéresse uniquement qu'aux utilisateurs qui effectuent des appels et ceux qui se déplacent en communiquant ainsi que la date (en minutes) des fins d'appels sans tenir compte des déplacements des usagers qui ne sont pas en communication ; nous avons élaboré un simulateur (en Java) qui précise s'agissant d'un nouvel appel l'identifiant de l'émetteur, la cellule courante et la durée de la communication ainsi que le groupe d'application d'appartenance de ce dernier, s'agissant d'un déplacement il précise aussi la cellule de destination, et pour finir il permet de calculer la fin de chaque appel. Le simulateur crée enfin un fichier '**trace_event**' contenant tous les déplacements et les appels des utilisateurs ainsi que les fins d'appels durant la période simulée. Le tableau IV.4 donne un aperçu de ce fichier contenant les éléments suivants :

- **Type** : Type d'évènements
 - A : Appel
 - F : Fin d'appel
 - D : déplacements
- **Date** : Le moment où l'évènement s'est produit (en minutes) ;
- **IdMobile** : Identifiant de l'utilisateur mobile ;
- **Cell** : Indique la cellule où se trouve le mobile à cet instant (cellule courante) ;
- **Cell/Temps** : dépend du type d'évènement, s'agissant d'un déplacement le champ réfère à la cellule de destination (cellule suivante), si c'est un appel le champ indique la durée de cet appel (en minutes) ;
- **Groupe** : Indique le groupe d'application dans lequel se classe l'appel (la priorité de l'appel) notons que la priorité 1 est la plus élevée jusqu'à arrivé à la priorité 6 qui est la plus faible :
 - Priorité 1 service vocal et téléphone audio
 - Priorité 2 vidéo et vidéo conférences
 - Priorité 3 Interactive, multimédia et vidéo sur demande
 - Priorité 4 E-mail pagination et fax
 - Priorité 5 connexion et données à la demande
 - Priorité 6 transfert de fichier et service de récupération

Type	Date	IdMobile	IdCellule courante	IdCellule suivante/durée d'appel	Groupe
A	315	10	34	21	2
D	315	79	12	2	
F	316	6	32		
...
A	316	19	44	14	4
D	317	31	45	5	

Tableau IV.5 : Ligne du fichier trace_event.

IV.4.3 : Simulation de notre solution :

En nous servant du fichier généré par notre simulateur; nous extrayons les données à manipuler dans l'Algorithme de contrôle d'admission que nous avons mis au point.

IV.4.3.1 : Les procédures :

Le protocole utilise des procédures implémentées au niveau de chaque station de base, voici quelques unes :

- Ø Procédure Allouer (idMobil, bwReq);
- Ø Procédure Libérer (idMobil, bwLib);
- Ø Procédure EndCall (idMobil);
- Ø Procédure FoudIndiv (idMobil) ;

La procédure **Allouer (idMobil, bwReq)** permet d'allouer des ressources (bonde passante requise pour effectuer la connexion) au mobil dont l'identifiant est idMobil, elle est exécutée à chaque admission d'un nouvel appel; et son pseudo-code est décrit comme suit :

```
void Allouer(int idMobil, int bwReq){
    this.setBwUsed=this.setBwUsed+bwReq;
}
```

La procédure Libérer(idMobil,bwLib) permet de libérer les ressources occupées par l'utilisateur dont l'identifiant est idMobil, elle est déclenchée dans deux cas : un déplacement du mobil vers une nouvelle cellule ou le déclenchement d'une fin d'appel, elle se présente comme suit :

```
void Liberer(int id,int bwLib){
    this.setBwUsed= this.setBwUsed - bwLib;
}
```

La procédure *FoundIndiv(idMobil)* est utilisée pour chercher un utilisateur dans le réseau et nous retourne sa position dans le réseau, elle se présente comme suit :

```

int FoundIndiv(int idindiv){
    boolean found = false;
    int index = -1;
    int i = 0;
    while (!(found)&&(i < this.getAppelEnCours().size())){
        if (this.getAppelEnCours().get(i).getID()== idindiv){
            found = true;
            index = i;
        }
        i +=1 ;
    }
    return index;
}
    
```

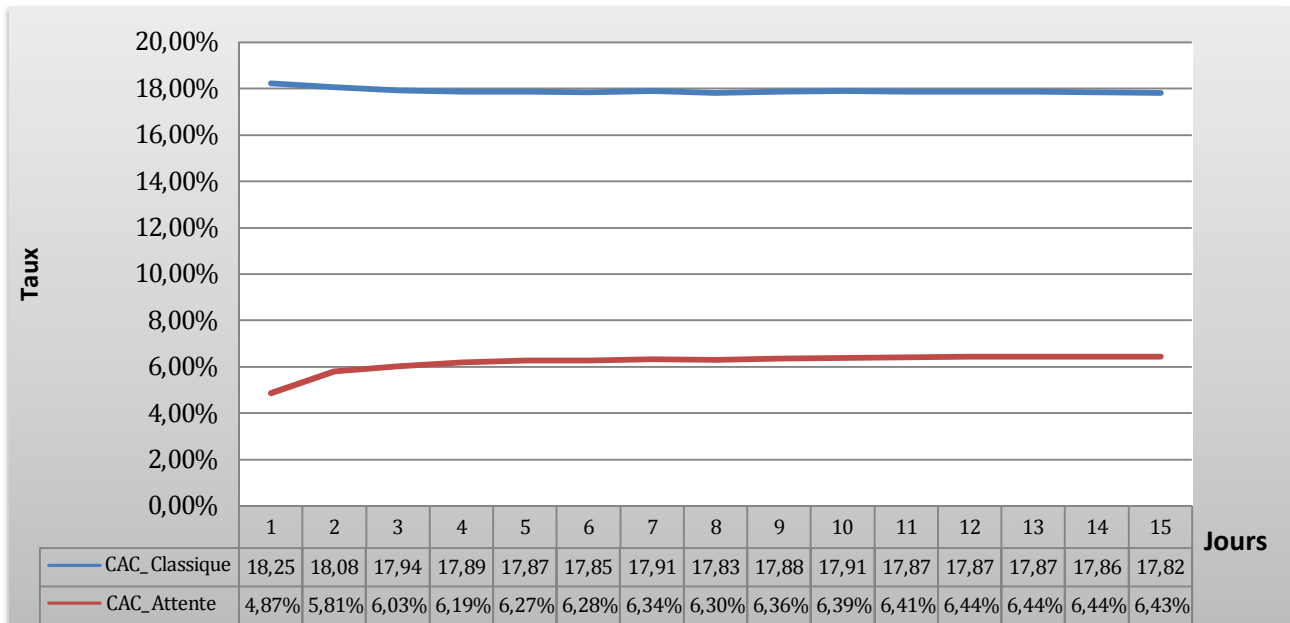
La procédure *EndCall (idMobil)* quant à elle, est utilisée lors du déclenchement d'une fin d'appel, elle permet de libérer les ressources occupées par ce dernier et le supprime définitivement des appels en cours (ou en attente), son pseudo-code se présente comme suit :

```

void EndCall(int idMobil){
    index=this.ChercherIndiv (idMobil) ;
    bwLibre=this.get(index).getBwReq() ;
    this.Liberer(idMobil, bwLibre);
    this.appelEnCours.remove(index);
}
    
```

IV.4.3.2 : Les résultats de notre simulation :

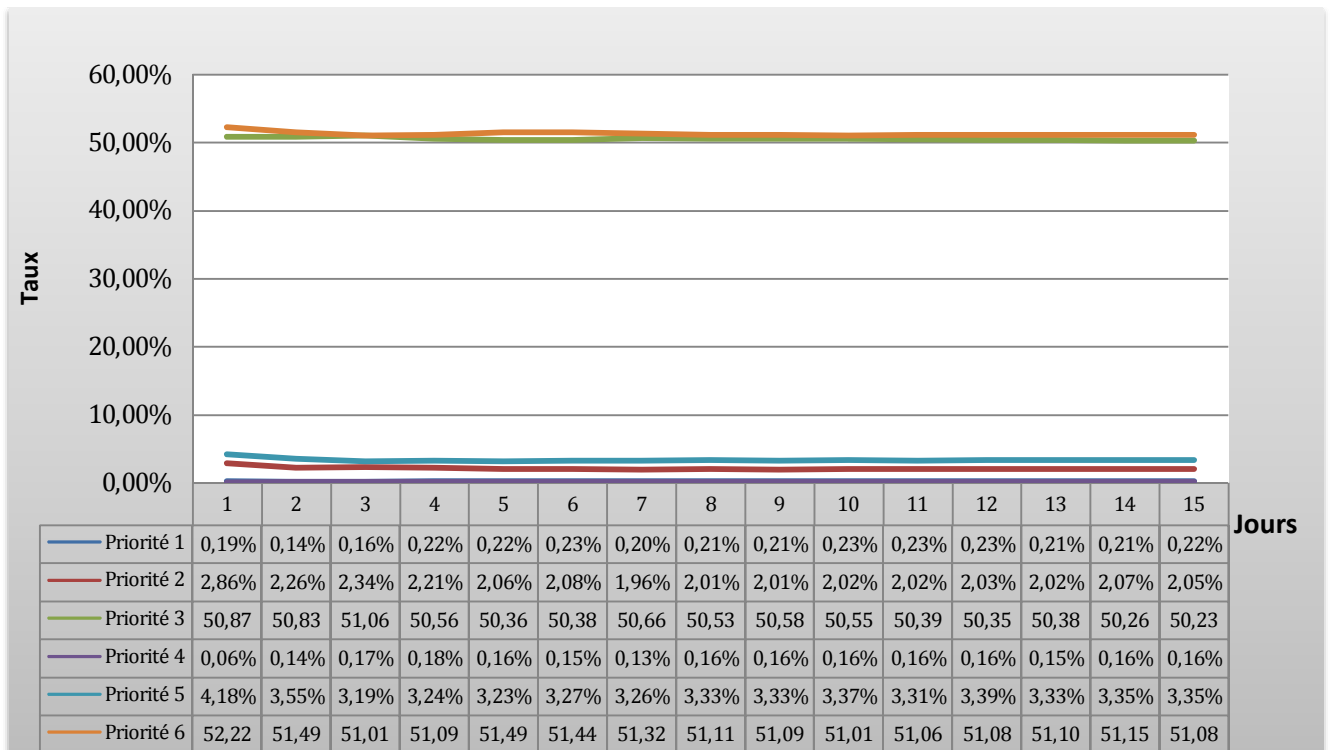
Après récupération des données depuis le fichier *trace_event* en le parcourant ligne par ligne, le contrôleur d'admission mis au point se charge de leur traitement. Les différents graphes présentés ci-dessous sont le résultat de ce traitement pour une simulation de mille utilisateurs à qui sont affectés aléatoirement des groupes d'applications sur une période de 15 jours.



Graphe IV.1 : Graphe comparatif entre le taux d'échec du CAC classique et du CAC proposé.

Dans ce graphe de comparaison entre le taux d'échec d'un appel dans un contrôle d'admission classique et le contrôle d'admission que nous proposons nous pouvons voir clairement que ce dernier est plus performant, d'une façon générale nous pouvons voir que le taux d'échec pour une simulation de 15 jours du premier CAC varie entre 17,82% et 18,25% alors que dans celui proposé on constate une amélioration en obtenant un taux d'échec qui tourne autour des 4,87% et 6,44%.

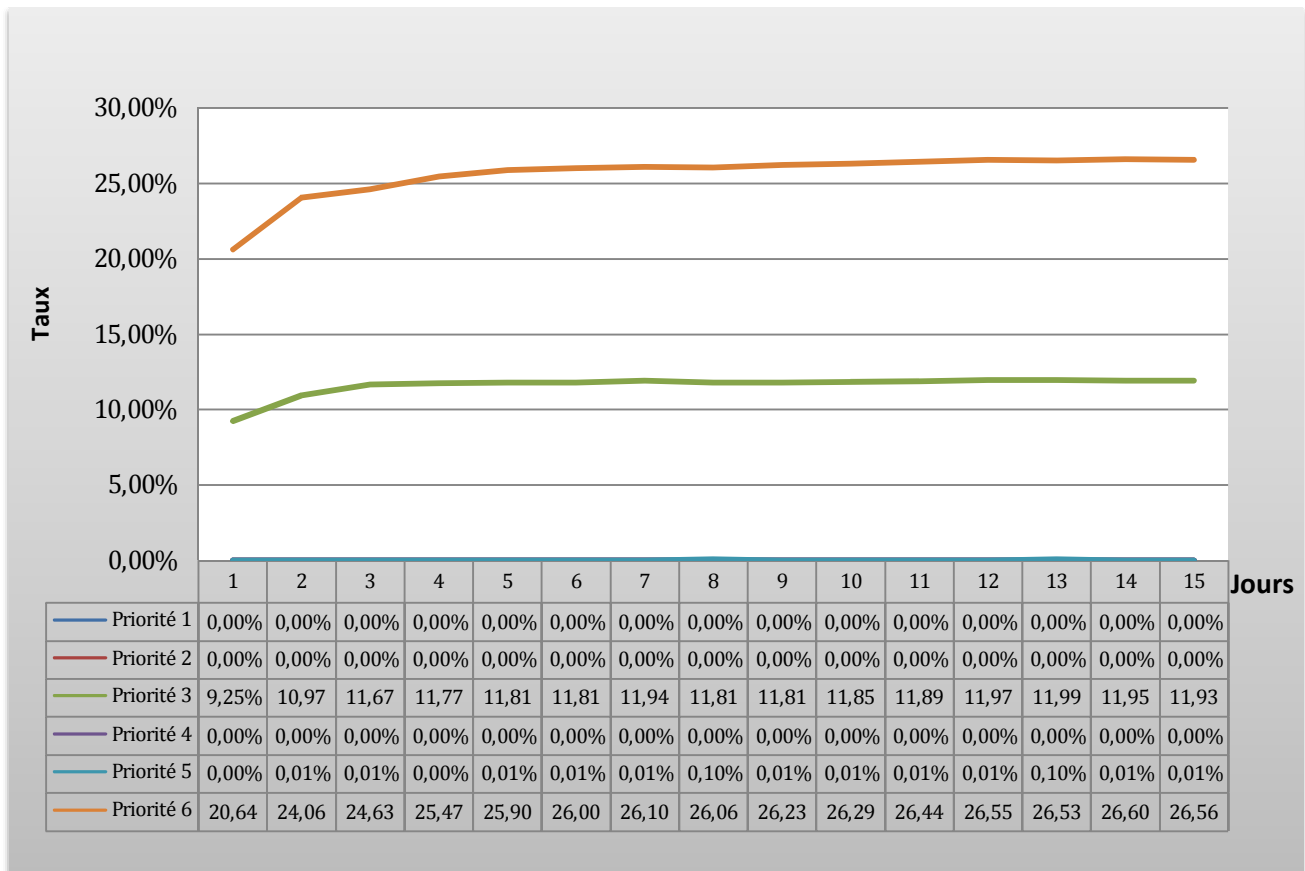
Pour mieux comprendre ces résultats nous avons réalisé deux autres graphes où on présente respectivement le taux d'échec par groupes d'applications (par priorité) d'un CAC classique et taux d'échec par groupes d'applications (par priorité) du CAC proposé.



Graphe IV.2 : Taux d'échec du CAC classique selon les priorités.

Dans le graphe ci-dessus, nous pouvons voir que tous les groupes de communications ont signalé un taux d'échec dès le premier jour, on notera un échec d'appels de priorité 1 et 2 respectivement de 0,19% et 2,86% ce qui est plus élevé que ceux de priorité 4 qui n'est que de 0,06% bien que ce dernier soit moins prioritaire. On remarquera aussi un taux d'échec de plus de 50% pour les appels du 3^{ème} et 6^{ème} groupe ce qui représente un taux d'échec notamment élevé.

L'obtention d'un tel taux d'échec pour les appels du 3^{ème} et 6^{ème} groupe sont dus au fait que ces deux derniers représentent les groupes d'applications les plus gourmands en ressources réseaux, contrairement aux appels de priorité 4 qui demandent le moins de ressources comparé aux autres groupes, ajoutons à ce là que le CAC classique n'accorde pas de priorité aux appels ce qui explique le taux d'échec faible des appels de priorité 4.



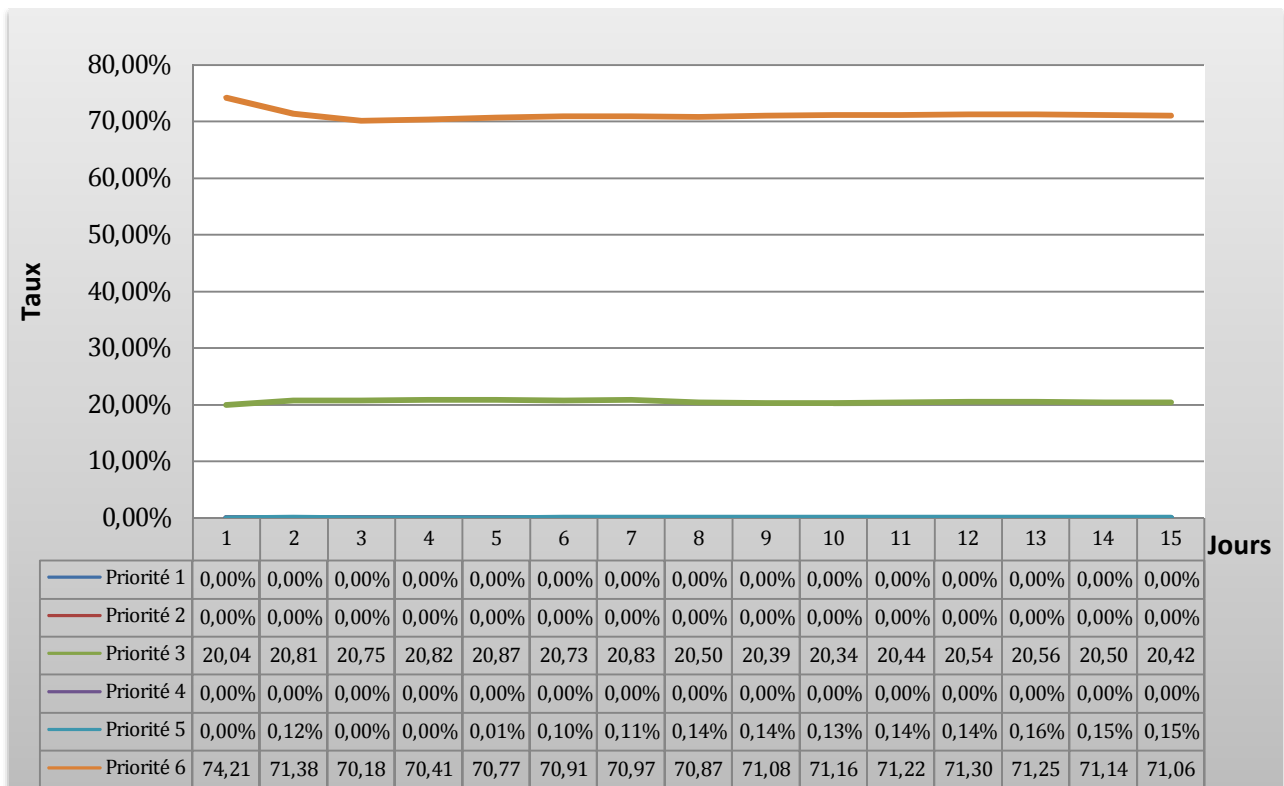
Graphe IV.3 : Taux d'échec du CAC proposé selon les priorités.

Dans ce cas nous remarquons la signalisation d'échec des communications de priorité 3 et 6 dès le premier jour, cependant, les taux restent nettement inférieurs à ceux du premier cas (CAC classique), on notera un taux d'échec de 9,25% pour ceux de priorité 3 soit une amélioration de 41,62%, et un taux d'échec de 20,64% pour ceux de priorité 6 ce qui représente une amélioration de 31,58% comparé au CAC classique.

A compter du 2^{ème} jour les appels de priorité 5 signalent un échec de 0,01% pour atteindre le seuil maximum de 0,10% dans la 8^{ème} journée.

Contrairement au premier contrôleur d'admission celui que nous proposons ne signale d'échec que pour les groupes déjà cités (3, 5 et 6) qui exigent plus de ressources comparé aux autres groupes, ainsi le taux d'échec du groupe 6 atteint 26,60% et le groupe 3 atteint 11,99% tandis que les autres ne signalent aucun échec au bout de 15 jours de simulation.

Ces améliorations constatées sont dues à l'utilisation du concept de groupe d'applications qui favorise les communications à haute priorité, ainsi qu'à la file d'attente dynamique qui permet d'augmenter les chances de connexion d'un mobil au réseau.



Graphe IV.4 : Taux de passage en file d’attente selon les priorités dans le CAC proposé.

D’après le graphe ci-dessus nous pouvons constater que seul les appels de groupes 3, 5 et 6 sont passés par la file d’attente, ce qui correspond aux groupes qui exigent le plus de ressources comparées aux autres, et le maximum atteint par les appels de priorité 3 est 20,87% qui représente 20,87% des appels admis dans le réseaux de priorité 3. Nous pouvons remarquer aussi que les appels de priorité 4 ne sont jamais mis en file d’attente alors qu’ils sont moins prioritaires que le groupe 3, car les appels de ce dernier demandent plus de ressources, alors comme les ressources sont insuffisantes pour les accueillir ils sont mis en file d’attente, mais quand un appel de groupe 4 arrive, les ressources sont suffisantes pour les mettre en communication.

Enfin, on notera que les groupes d’appels les plus prioritaires (1 et 2) ne sont jamais mis en file d’attente.

IV.5 : Conclusion :

L'introduction d'une file d'attente dynamique dans l'algorithme de contrôle d'admission d'appels, nous à permis d'avoir une petite amélioration sur le taux d'admission global mais nous a permis par contre de garantir un taux d'admission de 100% pour les appels du premier groupe d'application qui correspondent aux appels vocaux et de favoriser les groupes d'applications les plus prioritaires.

Conclusion générale et perspectives :

Au cours de ce travail nous avons traité le problème de l'admission des appels dans les réseaux mobiles de 3^{ème} génération. Ce problème est très important dans la gestion des ressources radio vu que les applications de la 3G nécessitent une bande passante conséquente. Notre approche du problème consiste à assurer aux mobiles, un taux d'admission élevé lors d'une connexion au réseau, et à favoriser les connexions les plus prioritaires en leurs garantissant une connexion à tout instant.

Afin d'aboutir à ces objectifs nous avons utilisé un principe de priorité en partageant les applications en 6 groupes aux quels des priorités ont été accordées, et eu recours à une file d'attente dynamique qui classe les utilisateurs selon leurs groupe d'applications.

Cette approche nous a permis d'avoir une légère amélioration du taux général d'admission des nouvelles entrées, cependant elle garanti un accès au réseau à tout moment pour les applications les plus prioritaires (groupe 1).

Suite à ces résultats, nous pouvons dire que la file d'attente dynamique nous a permis d'avoir une amélioration du contrôle d'admission mais il reste toujours à améliorer. Une combinaison de notre approche avec le Ad-CAC pourrait apporter d'un meilleur rendement, car en effet ce dernier permet une meilleure utilisation des ressources en ajustant la bande passante selon les priorités des applications, mais dans le cas échéant l'entrée est directement rejetée. Cette situation pourrait être évitée en ayant recours à la file d'attente dynamique déjà présentée, et ayant utilisé la même classification des appels ; la combinaison paraît être simplifiée.

- [1]: <http://dictionnaire.phpmyvisites.net/definition-Reseau-cellulaire-9501.htm>
- [2]: http://www.memoireonline.com/03/12/5461/m_Interconnexion-entre-deux-reseaux-cellulaires-des-normes-GSM-par-faisceau-hertziens-cas-de-CCT-et0.html
- [3]: M. Sidi-Mohammed SENOUCI: Application de Techniques d'Apprentissage dans les Réseaux Mobiles, 2003.
- [4]: <http://www2.ulg.ac.be/telecom/publi/publications/mvd/Demoulin2004Principes/>
- [5]: H.Holma, A.Toskala : "UNMTS: les réseaux mobile de 3^{ème} génération" EYROLLES 2001
- [6]: <http://fr.wikipedia.org/wiki/4G>
- [7]: X. Lagrange, P. Godlewski, S. Tabbane : "Réseaux GSM-DCS", Editions Hermès, Paris, France, 1995.
- [8]: Réseaux publics de télécommunication (Ed. 3.4 . Révision : 9/01)
- [9]: http://www.memoireonline.com/07/11/4628/m_Gestion-des-ressources-radios-dans-le-reseaux-sans-fils--cas-dun-reseau-wimax3.html.
- [10]: http://www.memoireonline.com/07/08/1383/m_u-m-t-s21.html
- [11]: http://www-igm.univ-mlv.fr/~dr/XPOSE2006/eric_meurisse/umts.php#services
- [12]: <http://fr.slideshare.net/guestcf0446d/umts#> (livre)
- [13]: L'UMTS et les Technologies émergentes
- [14]: <http://fr.wikipedia.org/wiki/Handover>
- [15]: <http://en.wikipedia.org/wiki/Roaming>
- [16] M. Sidi-Mohammed SENOUCI : APPLICATION DE TECHNIQUES D'APPRENTISSAGE DANS LES RESEAUX MOBILES.2003
- [17]: Alarape Moshood Alabi , Akinwale Adio Taofiki , Folorunso Olusegun : A Combined Scheme for Controlling GSM Network Calls Congestion,2011.
- [18]: Hamid Beigy and M. R. Meybodi :User Based Call Admission Control Policies for Cellular Mobile Systems
- [19]: M. Sanabani: Adaptive CAC for Prioritized Adaptive services in Wireless/Mobile multimedia Cellular Networks, 2006.
- [20]: Mohammed DAOUI: Réserve des Ressources et Prédiction de Cellules dans un Réseau Mobile de Troisième Génération.

- [21]: Eric BOSASI DOYI: Gestion des Ressources Radios dans les Réseaux Sans Fils, Cas d'un Réseau WiMax, 2010.
- [22]: Pierre LESCUYER: Réseaux 3G, Principes, Architectures et Services de l'UMTS, 2006.
- [23]: http://www2.ulg.ac.be/telecom/teaching/notes/total1/elen008/node161_mn.html
- [24]: Farouk BELGHOUL, Yan MORET: Mécanismes de Handover pour les réseaux IP sans fil.
- [25]: Xavier le Guillou: Apprentissage dans les Réseaux 3G, 2005.
- [26]: Priyan Mihira de Alwis : Call Admission Control and Resource Utilisazation in WCDMA Networks,2005.
- [27]: V. S. Kolate, G. I. Patil, A. S. Bhide: CAC Schemes and Handoff Prioritization in 3G Wireless Mobile Networks, 2012.
- [28]: Satya Kovvuri, Vijoy Pandey: ACAC Algorithm for providing Guaranteed QoS in Cellular Networks, 2003.
- [29]: Sridhar K. N, Mun Choon Chan: Interference based CAC for Wireless Ad Hoc Networks, 2006.
- [30]: Wang Xue-Ping, Zhang Jian-Li: A Probability-based Adaptativ Algorithm for CAC in Wireless Networks, 2003.
- [31]: Hakim Badis: Etude et Conception d'Algorithmes pour les Réseaux Mobiles et Ad Hoc, 2011.
- [32]: KHERBOUCHE Med El-Amine, MAKED Aghiles : UMTS(3G), 2013.
- [33]: Madjid GHADRI, Raouf BOUTABA: CAC in Cellular Networks.
- [34]: BERNARD TREMBLA Y : ALGORITHMES DE GESTION DYNAMIQUE DES RESSOURCES,2006.
- [35]: S.K Satyanarayana, Ch.Satyanarayana, VSGN Raju : Call Admission Control algorithm for Wireless Multimedia Networks.2014